

**PEMURNIAN CRUDE BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG
(*Chalophyllum inophyllum* L.) MENGGUNAKAN ADSORBEN**

ALUMINIUM SILIKAT

SKRIPSI

Oleh:

NUR MILLATI HANIFA

NIM. 165100601111002



JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2021

**PEMURNIAN CRUDE BIODIESEL DARI MINYAK NYAMPLUNG
(*Chalophyllum inophyllum* L.) MENGGUNAKAN ADSORBEN**

ALUMINIUM SILIKAT

SKRIPSI PENELITIAN

Oleh:

NUR MILLATI HANIFA

NIM. 165100601111002

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2021

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul TA : Pemurnian *Crude* Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Chalophyllum inophyllum* L.) Menggunakan Adsorben

Aluminium Silikat

Nama : Nur Millati Hanifa

NIM : 165100601111002

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II




Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc.Agr

Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA

NIP. 19620719 198701 1 001

NIP. 19610710 198601 1 001

Tanggal Persetujuan :



LEMBAR PENGESAHAN

Judul TA : Pemurnian *Crude* Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Chalophyllum inophyllum* L.) Menggunakan Adsorben

Aluminium Silikat

Nama : Nur Millati Hanifa

NIM : 165100601111002

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji

10 Ags 2021

Dr. Mochamad Bagus Hermanto, STP., M.Sc

NIP. 19820805 200501 1 003

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc.Agr

NIP. 19620719 198701 1 001

Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA

NIP. 19610710 198601 1 001

Ketua Jurusan



Dr. Eng. Akhmad Adi Sulianto, STP, MT

NIP. 19790501 200501 1 001

Tanggal Persetujuan : 25/08/2021.....

RIWAYAT HIDUP



Nur Millati Hanifa, lahir di Jombang pada tanggal 11 April 1998 dari pasangan Abdul Wahid dan Muhayaroh. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara, dengan adik bernama Avi Izzana Ramadhani.

Sebelumnya penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan di RA Muslimat Badas pada tahun 2004, sekolah dasar di MIN Rejoso Darul

'Ulum Peterongan pada tahun 2010, sekolah menengah pertama di SMPN 3 Darul 'Ulum Peterongan pada tahun 2013, sekolah menengah atas di SMAN Mojoagung pada tahun 2016. Selama sekolah penulis aktif di divisi *pit instrument* satuan *drum band* Madrasah Ibtidaiyah Negeri (MIN) dan anggota kepramukaan di SMA.

Penulis melanjutkan studi perguruan tinggi pada tahun 2016 di Universitas Brawijaya melalui jalur SNMPTN sebagai mahasiswi Fakultas Teknologi Pertanian jurusan Keteknikan Pertanian program studi Teknik Bioproses. Selama perkuliahan penulis aktif mengikuti Pekan Ilmiah Mahasiswa Baru (PIMBA) dan Rector Cup pada tahun 2016. Selain itu penulis juga aktif di kepanitiaan masa orientasi siswa jurusan (OPJ) pada tahun 2017 serta menjabat sebagai ketua divisi kewirausahaan dan rumah tangga (KWURT) Pramuka Universitas Brawijaya di tahun 2018.



Alhamdulillah rabbil 'alamin, karya ini kupersembahkan untuk ayah, ibu, dan adikku
tercinta, serta tujuh abang yang membantu *healing* melalui karyanya, BTS.



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nur Millati Hanifa

NIM : 165100601111002

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Judul TA : Pemurnian *Crude Biodiesel* dari Minyak Nyamplung
(*Chalophyllum inophyllum* L.) Menggunakan Adsorben
Aluminium Silikat

Menyatakan bahwa,

TA dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benarsaya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 24 Mei 2021

Pembuat pernyataan,



Nur Millati Hanifa

NIM.165100601111002



NUR MILLATI HANIFA. 165100601111002. Pemurnian *Crude Biodiesel* dari Minyak Nyamplung (*Chalophyllum inophyllum* L.) Menggunakan Adsorben Aluminium Silikat. TA. Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc.Agr dan Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA

RINGKASAN

Kebutuhan energi di Indonesia terutama Bahan Bakar Minyak (BBM) masih sangat tinggi dibandingkan dengan konsumsi energi lainnya. Pemerintah mengupayakan energi baru terbarukan akan lebih berkembang dari tahun – tahun sebelumnya. Meningkatkan konsumsi energi baru terbarukan dari 5% menjadi 23% pada Target Bauran Energi Nasional 2025 merupakan peluang yang besar untuk mengembangkan Bahan Bakar Nabati (BBN) seperti biodiesel. Biodiesel merupakan bahan bakar yang dihasilkan dari minyak nabati maupun hewani. Salah satu jenis minyak nabati yang berpotensi untuk diolah menjadi biodiesel adalah minyak nyamplung. Kinerja biodiesel sebagai Bahan Bakar Nabati (BBN) untuk mesin diesel tergantung pada kemurniannya. Metode purifikasi yang banyak digunakan salah satunya adalah pencucian basah (*water washing*). Namun metode ini memiliki beberapa kekurangan yaitu menyebabkan pembentukan emulsi, asam lemak bebas dan sabun. Untuk mengatasi kekurangan pada metode *water washing* maka dikembangkan metode pencucian kering (*dry washing*) dengan konsep adsorpsi untuk menghilangkan zat pengotor dalam biodiesel kasar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa terbaik pada proses pemurnian *crude* biodiesel minyak nyamplung dengan *crude* biodiesel tanpa pemurnian sebagai kontrol pembanding. Untuk mengetahui perbandingan kualitas biodiesel yang dihasilkan, maka dilakukan analisis mutu biodiesel yaitu viskositas, densitas, dan kadar air. Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial menggunakan lima jenis perlakuan termasuk kontrol dan diulang sebanyak tiga ulangan. Total jumlah sampel pada penelitian ini sebanyak 15 sampel variasi konsentrasi adsorben. Adsorben aluminium silikat berbagai konsentrasi dalam pasir kuarsa diantaranya 25%:75% (A1), 50%:50% (A2), 75%:25% (A3), dan 100%:0% (A4). Sedangkan untuk kontrol pembanding adalah *crude* biodiesel tanpa proses pemurnian (C1). Analisa data menggunakan *software* SPSS metode ANOVA dan uji lanjut Tukey. Variasi konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa dapat menurunkan nilai viskositas, densitas, dan kadar air biodiesel lebih baik dibandingkan dengan biodiesel tanpa proses pemurnian. Meskipun pengaruhnya tidak signifikan, tetapi biodiesel yang dihasilkan memenuhi SNI 04-7182-2015 pada nilai viskositas dan densitas. Konsentrasi terbaik dihasilkan oleh konsentrasi adsorben

aluminium silikat tertinggi yaitu aluminium silikat : pasir kuarsa 100%:0% dengan viskositas sebesar 5,829 cSt, densitas sebesar 0,871 g/mL, dan kadar air sebesar 0,283%-vol.

Kata kunci: Aluminium Silikat, Biodiesel, *Dry Washing*, Minyak Nyamplung



NUR MILLATI HANIFA. 165100601111002. Purification of Crude Biodiesel From Nyamplung Oil (*Chalophyllum inophyllum* L.) Using Aluminum Silicate Adsorbents. TA. Supervisor: Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc.Agr and Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA

SUMMARY

Energy demand in Indonesia, especially fuel oil (BBM) is still very high compared to other energy consumption. The government strives for new renewable energy to be more developed than in previous years. The increasing consumption of renewable energy from 5% to 23% in the National Energy Mix Target 2025 is a great opportunity to develop biofuels such as biodiesel. Biodiesel is a fuel produced from vegetable and animal oils. One type of vegetable oil that has the potential to be processed into biodiesel is nyamplung oil. The performance of biodiesel as Biofuel (BBN) for diesel engines depends on its purity. One of the most widely used purification methods is wet washing. However, this method has several disadvantages, which are causing the formation of emulsions, free fatty acids and soaps. To overcome the disadvantages of the water washing method, a dry washing method was developed with the concept of adsorption to remove impurities in crude biodiesel.

This study aims to determine the best concentration of aluminum silicate in quartz sand in the purification process of crude biodiesel from nyamplung oil with crude biodiesel without purification as a control comparison. To compare the quality of produced biodiesel, an analysis of the quality of biodiesel was carried out, namely viscosity, density, and water content. The research method used was a non-factorial randomized block design (RAK) using five types of treatment including control and three replications. The total number of samples in this study were 15 samples of variations in adsorbent concentration. Aluminum silicate adsorbents in various concentrations in quartz sand include 25%: 75% (A1), 50%: 50% (A2), 75%: 25% (A3), and 100%: 0% (A4). As for the comparison control is crude biodiesel without purification process (C1). Data analysis using SPSS software with ANOVA methodology and Tukey as further test. Variations in the concentration of aluminum silicate in quartz sand can reduce the viscosity, density, and water content of biodiesel better than biodiesel without a purification process. Although the effect is not significant, the biodiesel produced complies with SNI 04-7182-2015 on viscosity and density values. The best concentration was produced by the highest concentration of aluminum silicate adsorbent, namely aluminum silicate: quartz sand 100%:0% with a viscosity of 5.829 cSt, a density of 0.871 g/mL, and a water content of 0.283%-vol.

Keywords : Aluminum Silicate, Biodiesel, Dry Washing, Nyamplung Oil



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pemurnian Crude Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Chalophyllum inophyllum* L.) Menggunakan Adsorben Aluminium Silikat”. Laporan ini ditulis sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penulisan laporan ini :

1. Bapak Dr. Ir. Bambang Susilo, M.Sc., Agr. selaku pembimbing pertama, Bapak Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA selaku pembimbing kedua, dan Bapak Dr. Mochamad Bagus Hermanto, STP., M.Sc selaku penguji yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Eng. Akhmad Adi Sulianto, STP, MT selaku Ketua Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
3. Bapak Dr. Yusuf Wibisono, S.TP., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Bioproses, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
4. Kedua orangtua, Abdul Wahid dan Muhayaroh, serta adik Izza yang menjadi motivasi serta memberikan dukungan moril dan materiil dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.
5. Kedua sahabatku, Veny Alivionita Sari dan Sri Nur Fatmawati yang menjadi tempat mencurahkan suka dan duka hingga detik ini.
6. Silfia Nur Choiroh, teman yang selalu memberi dukungan dan solusi meski via *online*.
7. Farah Mufidah dan Nilova Anggi, *eonnie* terfavorit dan teman – teman satu kos Watu Gong yang mengisi hari – hari dengan canda dan kebersamaan di luar perkuliahan.
8. Vivi Afriani dan Ristin Amelia, teman satu kos dan seperjuangan yang memberi bantuan dan dukungan baik sebelum maupun saat pandemi.
9. Teman – teman grup Manis Manjah yang saling memberi semangat dalam mengerjakan tugas akhir dan seluruh mahasiswa Teknik Bioproses angkatan 2016 yang sangat kompak dalam segala hal.
10. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini yang tidak memungkinkan untuk penulis sebutkan satu – persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, penulis berharap semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang membutuhkannya.

Malang, Mei 2021

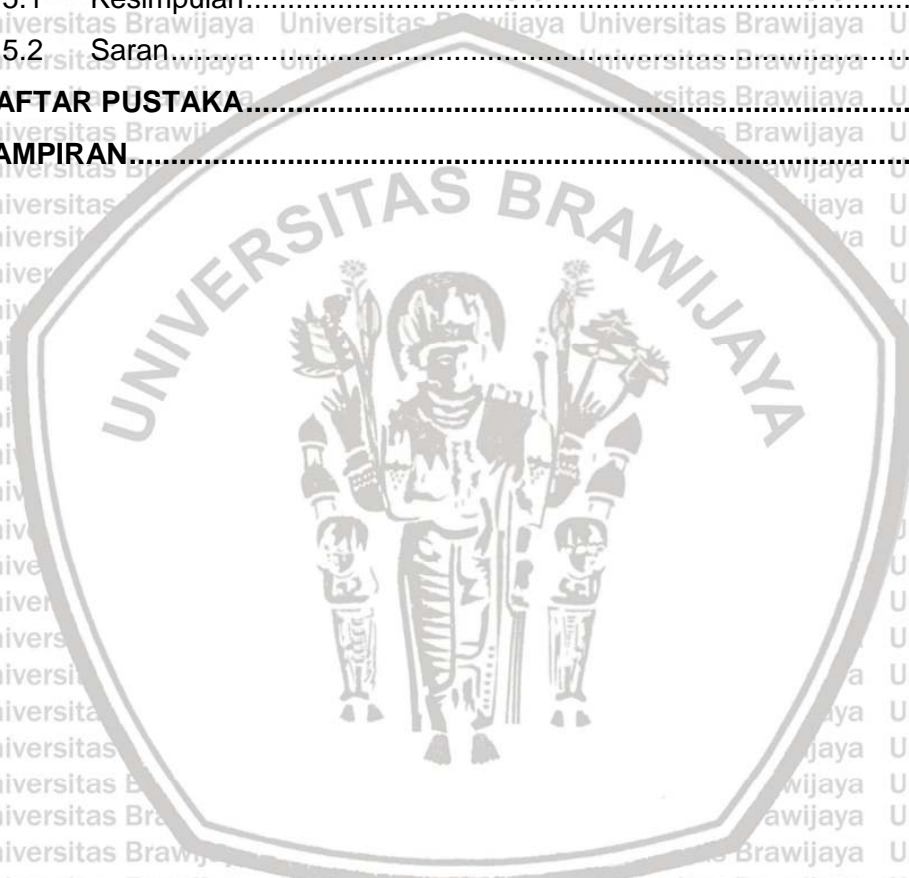
Penulis



DAFTAR ISI

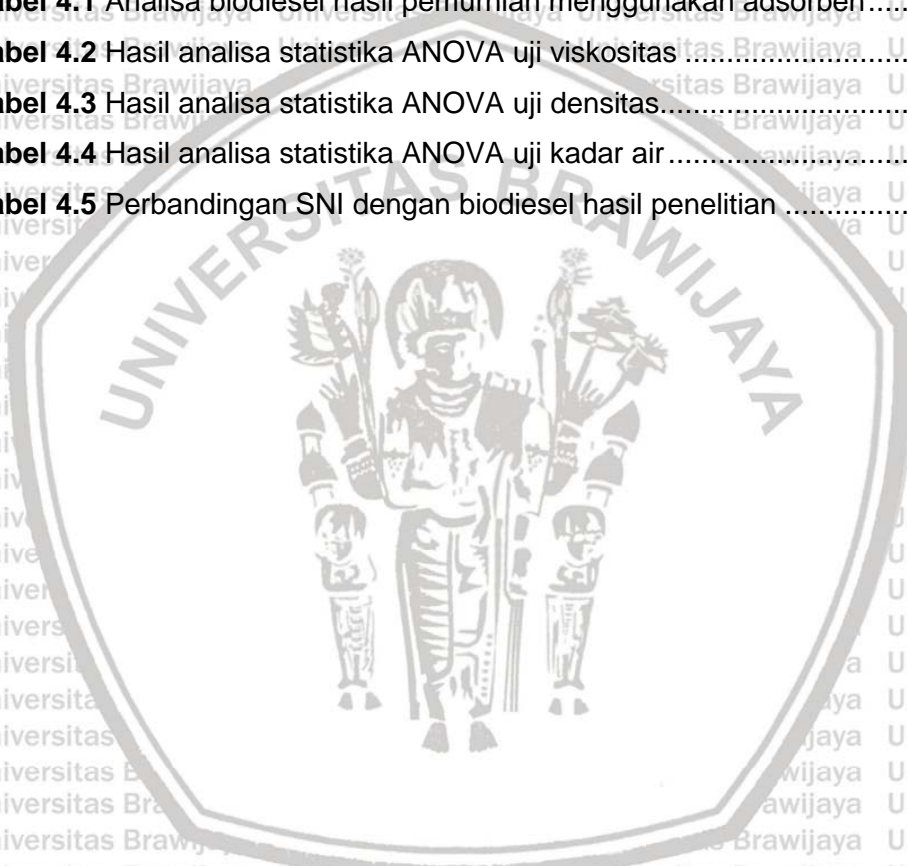
| | |
|---|--------------|
| HALAMAN SAMPUL | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| LEMBAR PERSETUJUAN | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iv |
| RIWAYAT HIDUP | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vi |
| PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | vii |
| RINGKASAN | viii |
| SUMMARY | x |
| KATA PENGANTAR | xii |
| DAFTAR ISI | xiv |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.5 Batasan Penelitian | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Tanaman Nyamplung | 5 |
| 2.2 Karakteristik Minyak Nyamplung | 6 |
| 2.3 Biodiesel | 9 |
| 2.4 Pemurnian Biodiesel | 10 |
| 2.5 Pemurnian Metode <i>Dry Washing</i> | 11 |
| 2.6 <i>Hydrate</i> Aluminium Silikat | 14 |
| 2.7 Pasir Kuarsa | 15 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 17 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 17 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 17 |
| 3.3 Rancangan Penelitian | 18 |
| 3.4 Tahapan Penelitian | 19 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 3.5 | Diagram Alir Penelitian | 23 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 31 |
| 4.1 | Pembuatan <i>Crude</i> Biodiesel dari Minyak Nyamplung | 31 |
| 4.2 | Aktivasi Adsorben | 33 |
| 4.3 | Pemurnian <i>Crude</i> Biodiesel Menggunakan Adsorben Aluminium Silikat | 34 |
| 4.4 | Karakteristik Biodiesel Hasil Pemurnian | 35 |
| 4.5 | Analisa Data Hasil Pemurnian <i>Crude</i> Biodiesel | 36 |
| 4.6 | Pemilihan Perlakuan Terbaik | 42 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 44 |
| 5.1 | Kesimpulan | 44 |
| 5.2 | Saran | 44 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 45 |
| LAMPIRAN | | 50 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Sifat fisiko-kimia minyak nyamplung | 8 |
| Tabel 2.2 Komposisi asam lemak minyak nyamplung dibanding minyak jarak pagar dan minyak sawit | 8 |
| Tabel 2.3 Syarat mutu biodiesel SNI 04-7182-2015 | 10 |
| Tabel 2.4 Efek negatif zat pengotor pada biodiesel dan mesin | 11 |
| Tabel 3.1 Alat dan fungsinya | 17 |
| Tabel 3.2 Bahan dan fungsinya | 18 |
| Tabel 4.1 Analisa biodiesel hasil pemurnian menggunakan adsorben | 36 |
| Tabel 4.2 Hasil analisa statistika ANOVA uji viskositas | 38 |
| Tabel 4.3 Hasil analisa statistika ANOVA uji densitas | 39 |
| Tabel 4.4 Hasil analisa statistika ANOVA uji kadar air | 41 |
| Tabel 4.5 Perbandingan SNI dengan biodiesel hasil penelitian | 42 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Pohon, Kayu, Bunga, Daun, Buah, dan Biji Nyamplung..... | 5 |
| Gambar 2.2 Minyak Nyamplung..... | 7 |
| Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Menjadi Metil Ester | 10 |
| Gambar 2.4 Kristal Struktur Montmorillonit (A) dan <i>Hydrate</i> Aluminium Silikat (B) | 15 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian | 23 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan <i>Crude Biodiesel</i> | 24 |
| Gambar 3.3 Diagram Alir Aktivasi Aluminium Silikat..... | 25 |
| Gambar 3.4 Diagram Alir Aktivasi Pasir Kuarsa | 26 |
| Gambar 3.5 Diagram Alir Pemurnian Biodiesel Kasar Menggunakan Adsorben Aluminium Silikat | 27 |
| Gambar 3.6 Diagram Alir Pengujian Viskositas Pada Biodiesel..... | 28 |
| Gambar 3.7 Diagram Alir Pengujian Densitas Pada Biodiesel..... | 29 |
| Gambar 3.8 Diagram Alir Pengujian Kadar Air Pada Biodiesel..... | 30 |
| Gambar 4.1 Reaksi <i>Acid Degumming</i> Menggunakan Asam Fosfat | 32 |
| Gambar 4.2 Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Asam | 32 |
| Gambar 4.3 Reaksi Netralisasi Menggunakan NaOH..... | 32 |
| Gambar 4.4 Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Katalis Basa..... | 33 |
| Gambar 4.5 Hasil <i>Crude Biodiesel</i> Minyak Nyamplung | 33 |
| Gambar 4.6 Proses Pemurnian <i>Crude Biodiesel</i> | 35 |
| Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Variasi Adsorben Terhadap Viskositas Biodiesel | 37 |
| Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Variasi Adsorben Terhadap Densitas Biodiesel..... | 39 |
| Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Variasi Adsorben Terhadap Kadar Air Biodiesel..... | 41 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1 Perhitungan Jumlah Katalis dalam Pembuatan Biodiesel..... | 50 |
| Lampiran 2 Perhitungan Konsentrasi Aluminium Silikat dalam Pasir Kuarsa | 52 |
| Lampiran 3 Data Hasil Pengujian Viskositas, Densitas, dan Kadar Air Biodiesel | 53 |
| Lampiran 4 Hasil Pengolahan Data Statistika ANOVA..... | 54 |
| Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian | 55 |



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di Indonesia terutama Bahan Bakar Minyak (BBM) masih sangat tinggi dibandingkan dengan konsumsi energi lainnya. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) (2015) menjelaskan bahwa pada tahun 2013, total konsumsi energi Indonesia sebesar 0.8 TOE/kapital dengan bauran energi nasional 46% untuk minyak bumi, 31% untuk batubara, 18% untuk gas bumi dan 5% untuk energi baru terbarukan. Konsumsi energi sektor transportasi hampir seluruhnya dipenuhi oleh BBM. Untuk memenuhi konsumsi BBM di Indonesia, pemerintah melakukan impor minyak bumi dan BBM.

Pemerintah mengupayakan energi baru terbarukan akan lebih berkembang dari tahun – tahun sebelumnya. Target Bauran Energi Nasional 2025 berdasarkan Renstra Kementerian ESDM Tahun 2015-2019, konsumsi energi sebesar 1,4 TOE/kapital dengan bauran energi nasional 25% untuk minyak bumi, 30% untuk batubara, 22% untuk gas bumi, dan 23% untuk energi baru terbarukan (KESDM, 2015). Meningkatnya konsumsi energi baru terbarukan dari 5% menjadi 23% merupakan peluang yang besar untuk mengembangkan Bahan Bakar Nabati (BBN) seperti biodiesel.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang dihasilkan dari minyak nabati maupun hewani. Selain dapat diperbarui, kelebihan lain yang dimiliki biodiesel dibandingkan dengan solar adalah ramah lingkungan sehingga tidak menimbulkan polusi, *biodegradable* (dapat terurai), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk kelompok minyak tidak mengering, mampu mengeliminasi efek rumah kaca, dan juga kontinuitas ketersediaan bahan baku dapat terjamin (Herdiani, 2009). Salah satu jenis minyak nabati yang berpotensi untuk diolah menjadi biodiesel adalah minyak nyamplung. Minyak nyamplung yang diekstrak dari biji mengandung resin beracun yang tidak dapat dikonsumsi manusia sehingga pemanfaatan minyak nyamplung tidak berkompetisi dengan kepentingan pangan. Keunggulan tanaman nyamplung dalam proses ekstraksi minyak nyamplung memiliki rendemen lebih tinggi yaitu sebesar 40-74% dibandingkan dengan minyak jarak (40-60%) dan minyak sawit (46-54%) (Purba, 2013).

Bahan baku dan metode yang digunakan mempengaruhi kandungan *impurities* pada biodiesel. Proses pembuatan biodiesel dibagi menjadi tiga tahap yaitu *degumming* untuk menghilangkan *gum* (getah) dan mengurangi kadar fosfor dalam minyak, esterifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA), dan transesterifikasi untuk menghasilkan metil ester. Proses akhir pembuatan biodiesel menghasilkan dua lapisan

cairan terpisah, yaitu lapisan atas yang merupakan lapisan biodiesel kotor dan lapisan bawah adalah gliserol kotor. Pada biodiesel kotor ini masih mengandung pengotor seperti sisa katalis, metanol yang tidak bereaksi, dan sisa gliserol yang akan mempengaruhi kualitas dari biodiesel sehingga harus dihilangkan dari produk (Nurdyaningrum dan Nasrudin, 2013).

Kinerja biodiesel sebagai Bahan Bakar Nabati (BBN) untuk mesin diesel tergantung pada kemurniannya. Metode purifikasi yang banyak digunakan salah satunya adalah metode basah (*water washing*). Metode *water washing* memiliki beberapa kelebihan diantaranya dapat melarutkan kontaminan, air juga tersedia dalam jumlah melimpah dan ekonomis. Namun metode *water washing* memiliki beberapa kekurangan yaitu menyebabkan pembentukan emulsi, asam lemak bebas dan sabun (Istiningrum *et al.*, 2017). *Impurities* yang terdapat pada biodiesel akan menyebabkan kinerja mesin kurang efektif. Metanol dapat mengurangi viskositas, densitas dan *flash point*. Air dapat mengurangi panas pembakaran, menghidrolisis metil ester, penyumbatan filter, membentuk kristal es sehingga merusak tabung bahan bakar dan pompa injektor. Sisa katalis dapat merusak injektor, menyebabkan korosi di mesin, mengakibatkan *plugging* dan melemahnya mesin. Gliserol dapat menyebabkan deposit pada bagian bawah tangki bahan bakar, *fouling* pada injektor, emisi yang lebih tinggi dan masalah ketahanan mesin (Aini dan Heryantoro, 2017).

Metode purifikasi yang sedang dikembangkan untuk mengatasi kekurangan pada metode *water washing* yaitu metode pencucian kering (*dry washing*) dengan adsorben. Metode *dry washing* merupakan pemurnian dengan memanfaatkan proses adsorpsi untuk menghilangkan zat pengotor dalam biodiesel kasar (Adisty, 2017). Kelebihan dari metode *dry washing* diantaranya tidak memerlukan air, tidak terjadi proses emulsifikasi, meminimalkan *loss*, mengurangi biaya investasi, dapat digunakan pada proses pemurnian sistem kontinyu, mempercepat proses pemurnian biodiesel, dan mengurangi kadar air lebih baik. Dengan demikian, seluruh keuntungan tersebut pada akhirnya akan mengurangi biaya produksi. Penelitian tentang pemurnian biodiesel menggunakan adsorben telah dilakukan oleh Herdiani (2009) dimana komposisi terbaik untuk memurnikan biodiesel minyak jarak adalah aluminium silikat 100% dan konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa adalah 10% yang mampu menurunkan kadar sabun, kadar air, dan kadar gliserol bebas dengan sangat baik, dimana nilainya tidak berbeda nyata dengan biodiesel cuci air dan biodiesel yang dimurnikan dengan adsorben komersial.

Pengembangan pemurnian *crude* biodiesel minyak nyamplung pada penelitian ini menggunakan adsorben aluminium silikat berbagai konsentrasi dalam pasir kuarsa. Variasi konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa pada penelitian ini diantaranya

25%:75% (A1), 50%:50% (A2), 75%:25% (A3), dan 100%:0% (A4). Sedangkan untuk kontrol perbandingan adalah *crude* biodiesel tanpa proses pemurnian (C1). Hal ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa terbaik pada proses pemurnian *crude* biodiesel minyak nyamplung dengan *crude* biodiesel tanpa proses pemurnian sebagai kontrol perbandingan. Untuk mengetahui perbandingan kualitas biodiesel yang dihasilkan, maka dilakukan analisis mutu biodiesel yaitu kadar air, viskositas, dan densitas.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa pada proses pemurnian *crude* biodiesel minyak nyamplung terhadap kadar air, viskositas, dan densitas?
2. Berapa konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa terbaik untuk pemurnian *crude* biodiesel minyak nyamplung?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa pada proses pemurnian *crude* biodiesel minyak nyamplung terhadap kadar air, viskositas, dan densitas.
2. Mengetahui konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa terbaik untuk pemurnian *crude* biodiesel minyak nyamplung.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis
 - Penulis dapat mengetahui tentang pemurnian biodiesel yang ramah lingkungan dengan metode adsorpsi menggunakan aluminium silikat
 - Penulis dapat mengaplikasikan ilmu yang telah didapat selama perkuliahan serta menambah wawasan pada bidang penelitian terkait
2. Bagi peneliti selanjutnya

Manfaat yang dapat diperoleh bagi peneliti selanjutnya adalah dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

3. Bagi masyarakat

- Dapat memberikan informasi bahwa minyak nyamplung dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif untuk mengantisipasi bahan bakar minyak dari fosil yang tidak dapat diperbaharui

- Dapat menambah wawasan tentang mutu biodiesel dari hasil pemurnian dengan metode adsorpsi menggunakan aluminium silikat

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Penelitian menggunakan biodiesel kasar (*crude biodiesel*) dari minyak nyamplung.
3. Penelitian dilakukan dengan sistem kolom.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Nyamplung

Minyak nyamplung tersebar mulai dari bagian barat sampai bagian timur Indonesia.

Distribusi pohon nyamplung di Indonesia tersebar di Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi, Maluku, hingga Nusa Tenggara Timur dan Papua. Jenis tersebut dijumpai hampir di seluruh daerah terutama pada daerah pesisir pantai antara lain: Taman Nasional (TN) Alas Purwo, TN Kepulauan Seribu, TN Baluran, TN Ujung Kulon, Cagar Alam (CA) Pananjung Pangandaran, Kawasan Wisata (KW) Batu Karas, Pantai Carita (Banten), P. Yapen (Jayapura), Biak, Nabire, Manokwari, Sorong, Fakfak (Wilayah Papua), Halmahera dan Ternate (Maluku Utara), TN Berbak (Pantai Barat Sumatera) (Balitbanghut, 2008).

Tegakan nyamplung di Pulau Jawa hampir tersebar di seluruh provinsi. Secara umum distribusi sebaran ada di hutan alam dan hutan tanaman. Sebaran alam tanaman nyamplung bisa didapatkan di Banyuwangi tepatnya di lokasi Taman Nasional (TN) Alas Purwo dan Taman Nasional Ujung Kulon. Sedangkan untuk tegakan dari hutan tanaman bisa didapatkan di Gunung Kidul, Purworejo, Cilacap dan Ciamis (Priyanto, 2019). Kenampakan pohon, kayu, bunga, daun, buah, dan biji nyamplung dapat dilihat pada

Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pohon, Kayu, Bunga, Daun, Buah, dan Biji Nyamplung

(Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, 2008)

Nyamplung merupakan tanaman industri yang cukup baik untuk dikembangkan. Daun nyamplung yang direndam satu malam mempunyai khasiat menyejukkan sehingga dapat digunakan untuk mencuci mata yang meradang. Kayu nyamplung agak ringan hingga sedang dan lembut, tetapi padat, agak halus, berurat kusut, hingga tidak dapat dibelah. Kayu nyamplung mempunyai dua warna, yakni kelabu atau semu kuning dan merah bata dengan urat yang lebih halus dan seratnya lebih lurus. Kayu nyamplung sering digunakan sebagai papan, peti dan daun meja, pembuatan kapal, bejana, perabot rumah, bantalan kereta api dan sebagainya (Balitbang Pertanian, 2013).

Kelebihan biji nyamplung sebagai bahan baku biofuel adalah biji mempunyai rendemen yang tinggi, yaitu 40-73%, dan rendemen biodiesel 13-45%. Nyamplung mempunyai keunggulan ditinjau dari prospek pengembangan dan pemanfaatannya, antara lain: (1) pemanfaatannya tidak berkompetensi dengan kepentingan pangan, (2) tanaman tumbuh merata secara alami dan berbuah sepanjang tahun, (3) tanaman relatif mudah dibudidayakan sebagai tanaman monokultur maupun pola tanam campuran, (4) mudah diperbanyak, (5) hampir seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan dan bernilai ekonomi, (6) tegakan hutan dapat bermanfaat sebagai pemecah angin dan konservasi sepadan pantai, dan (7) pemanfaatan biodiesel dapat menekan laju penebangan pohon sebagai kayu bakar (Balitbang Pertanian, 2013).

2.2 Karakteristik Minyak Nyamplung

Minyak nyamplung murni (*pure plant oil*) memiliki karakteristik viskositas dan kadar asam lemak tinggi serta masih mengandung banyak senyawa pengotor yang dapat menurunkan kualitas minyak nyamplung. Penampakan fisik minyak biji nyamplung kasar adalah berwarna hijau gelap, kental, dan berbau menyengat aroma khas minyak biji nyamplung (Hasibuan *et. al.*, 2013). Kenampakan minyak nyamplung lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.2**. Minyak nyamplung yang diekstrak dari biji mengandung resin beracun. Oleh sebab itu, minyak ini tidak dapat dikonsumsi manusia (Anggraini, *et. al.*, 2014).

Pengolahan biji nyamplung hingga menghasilkan minyak nyamplung melalui beberapa tahapan diantaranya penyimpanan biji, pengeringan biji, pengepresan biji, dan *degumming*. Tahap penyimpanan biji nyamplung dilakukan pada biji yang telah dikuliti (daging biji dipisahkan dari tempurung) dan telah dikeringkan serta mencapai kadar air 8-12%. Biji dimasukkan kedalam karung goni dan ditutup rapat. Karung berisi biji nyamplung disimpan didalam gudang dengan suhu 26-27°C dan kelembapan sekitar 60-70%. Selanjutnya pengeringan biji tanpa tempurung dilakukan dengan berbagai cara seperti dikeringkan di bawah sinar matahari, digoreng tanpa minyak (*sangrai*), atau pengeringan dengan mesin. Pengeringan dilakukan sampai biji nyamplung berwarna coklat

kemerahan. Pengeringan yang tepat akan menentukan rendemen minyak yang dihasilkan. Mesin pres hidrolik manual dan mesin pres ekstruder (sistem ulir). Minyak yang keluar dari mesin pres berwarna hitam/gelap karena mengandung kotoran dari kulit dan senyawa kimia meliputi alkaloid, fosfatida, karotenoid, klorofil, dan lain – lain (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, 2008).



Gambar 2.2 Minyak Nyamplung

(Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, 2008)

Proses pengolahan biodiesel dari nyamplung hampir sama dengan pengolahan minyak sawit, kelapa dan jarak pagar. Tetapi karena biji nyamplung mengandung zat ekstraktif yang tinggi, maka pada proses pengukusan lebih lama dan pemisahan getah (*degumming*) dilakukan pada konsentrasi tinggi. *Degumming* dilakukan pada suhu 80°C selama 15 menit, sampai terjadi endapan. Endapan dipisahkan, kemudian dicuci dengan air hangat (suhu 60°C) hingga jernih. Selanjutnya air dipisahkan/diuapkan dari minyak dengan pengeringan vakum pada suhu 80°C agar tidak terjadi reaksi oksidasi. *Degumming* bertujuan untuk memisahkan minyak dari getah/lendir yang terdiri dari fostatida, protein, karbohidrat, residu, air dan resin. Proses *degumming* dilakukan dengan penambahan asam fosfat 20% sebesar 0,3-0,5% (b/b) minyak, sehingga akan terbentuk senyawa fosfasida yang mudah terpisah dari minyak. Hasil dari proses *degumming* akan memperlihatkan perbedaan warna yang jelas dari minyak asalnya, yaitu berwarna jernih kemerah-merahan (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, 2008). Karakteristik minyak nyamplung sebelum dan sesudah proses *degumming* dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Sifat fisiko-kimia minyak nyamplung

| Karakteristik | Sebelum degumming (crude oil) | Sesudah degumming (refined oil) |
|--------------------------------|--|------------------------------------|
| Kadar air (%) | 0,25 | 0,41 |
| Densitas pada suhu 20°C (g/ml) | 0,944 | 0,940 |
| Viskositas suhu 40°C (cP) | 56,7 | 53,4 |
| Bilangan asam (mg KOH/g) | 59,94 | 54,18 |
| Kadar asam lemak bebas (%) | 29,53 | 27,21 |
| Bilangan penyabunan (mgKOH/g) | 198,1 | 194,7 |
| Bilangan iod (mg/g) | 86,42 | 85,04 |
| Indeks refraksi | 1,447 | 1,478 |
| Penampakan | Hijau gelap dan kental dengan bau menyengat | Kuning kemerahan dan kental |

Sumber : Balitbang Kehutanan (2008)

Minyak nyamplung tergolong minyak dengan asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh yang berantai karbon panjang dengan kandungan utama berupa asam oleat 37,57%, asam linoleat 26,33%, dan asam stearat 19,96%. Selebihnya berupa asam miristat, asam palmitat, asam linolenat, asam arachidat, dan asam erukat (Balitbang Kehutanan, 2008). Minyak nyamplung mengandung asam lemak paling tinggi yaitu sebesar 98,46% diikuti dengan minyak sawit (95,70%) dan minyak jarak pagar (93,10%). Komposisi asam lemak minyak nyamplung dibanding minyak jarak pagar dan minyak sawit dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Komposisi asam lemak minyak nyamplung dibanding minyak jarak pagar dan minyak sawit

| Komponen | Minyak Nyamplung (%) | Minyak Jarak Pagar (%) | Minyak Sawit (%) |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|
| Asam miristat (C14) | 0,09 | - | 0,70 |
| Asam palmitat (C16) | 14,60 | 11,90 | 39,20 |
| Asam stearat (C18) | 19,96 | 5,20 | 4,60 |
| Asam oleat (C18:1) | 37,57 | 29,90 | 41,40 |
| Asam linoleat (C18:2) | 26,33 | 46,10 | 10,50 |
| Asam linolenat (C18:3) | 0,27 | 4,70 | 0,30 |
| Asam arachidat (C20) | 0,94 | - | - |
| Asam erukat (C20:1) | 0,72 | - | - |
| Jumlah | 98,46 | 93,10 | 95,70 |

Sumber : Balitbang Kehutanan (2008)

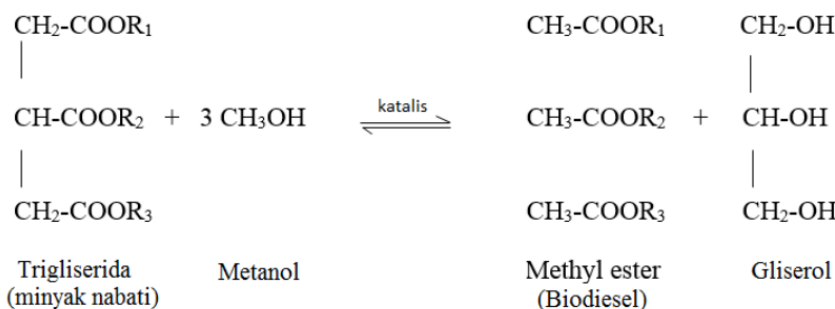
2.3 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran *mono-alkyl ester* dari rantai panjang asam lemak, yang dipakai sebagai alternatif bagi bahan bakar dari mesin diesel dan terbuat dari sumber terbarukan seperti minyak sayur atau lemak hewan. Proses dari transesterifikasi lipid digunakan untuk mengubah minyak mentah menjadi ester yang diinginkan dan membuang asam lemak bebas. Setelah melewati proses ini, biodiesel memiliki sifat pembakaran yang mirip dengan diesel (solar) dari minyak bumi, dan dapat menggantikannya dalam banyak kasus. Akan tetapi, biodiesel lebih sering digunakan sebagai penambah untuk diesel petroleum dan meningkatkan bahan bakar diesel petrol murni ultra rendah belerang yang rendah pelumas (Kusuma, 2014).

Biodiesel memiliki beberapa keunggulan yaitu dapat membantu mengurangi polusi karbon dioksida serta polutan lain, modifikasi mesin tidak diperlukan dalam penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar, merupakan bahan bakar yang dapat diperbarui, performa biodiesel lebih baik karena angka cetana yang lebih tinggi, biodiesel dengan kemurnian tinggi tidak memerlukan penggunaan pelumas, produksi biodiesel lebih efisien karena tidak memerlukan pengeboran lepas pantai, dan terciptanya kemandirian energi di setiap daerah karena dapat memproduksi sendiri (Juan *et. al.*, 2011).

Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku. Transesterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek seperti metanol atau etanol (pada saat ini sebagian besar produksi biodiesel menggunakan metanol) menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters* / FAME) atau biodiesel dan gliserol (gliserin) sebagai produk samping. Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali, biasanya digunakan natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Esterifikasi adalah proses yang mereaksikan asam lemak bebas (FFA) dengan alkohol rantai pendek (metanol atau etanol) menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) dan air. Pada umumnya, katalis yang digunakan untuk reaksi esterifikasi adalah asam yaitu asam sulfat (H_2SO_4) atau asam fosfat (H_2PO_4) (Hikmah dan Zulyana, 2010). Reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi metil ester lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.

Spesifikasi biodiesel di Indonesia telah dibuat oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) yaitu SNI 04-7182-2015. Syarat mutu biodiesel merupakan standar resmi produk biodiesel yang dibuat sehingga dapat dipertimbangkan sebagai bahan bakar pengganti atau bahan tambahan untuk solar (Yozanna, 2016). Standar SNI biodiesel lebih lengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.



Gambar 2.3 Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Menjadi Metil Ester

(Yozanna, 2016)

Tabel 2.3 Syarat mutu biodiesel SNI 04-7182-2015

| No. | Parameter Uji | Satuan (min./maks) | Persyaratan |
|-----|--------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| 1. | Massa jenis pada 40°C | kg/m ³ | 850-890 |
| 2. | Viskositas kinematik pada 40°C | mm ² /s (cSt) | 2,3-6,0 |
| 3. | Angka setana | min | 51 |
| 4. | Titik nyala (mangkuk tertutup) | °C, min | 100 |
| 5. | Titik kabut | °C, maks | 18 |
| 6. | Air dan sedimen | %-vol, maks | 0,05 |
| 7. | Temperatur distilasi 90% | °C, maks | 360 |
| 8. | Abu tersulfatkan | %-massa, maks | 0,02 |
| 9. | Belerang | mg/kg, maks | 100 |
| 10. | Fosfor | mg/kg, maks | 10 |
| 11. | Angka asam | mg-KOH/g, maks | 0,5 |
| 12. | Gliserol bebas | %-massa, maks | 0,02 |
| 13. | Gliserol total | %-massa, maks | 0,24 |
| 14. | Kadar ester metil | %-massa, min | 96,5 |
| 15. | Angka iodium | %-massa(g-I ₂ /100g), maks | 115 |
| 16. | Kadar monogliserida | %-massa, maks | 0,8 |

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (2015)

2.4 Pemurnian Biodiesel

Pemurnian hilir (*downstream*) merupakan langkah penting dalam keseluruhan proses produksi biodiesel. Pada akhir tahap transesterifikasi, sebagian besar biodiesel dipisahkan melalui pengendapan gravitasi atau sentrifugasi. Jika tidak dilakukan, maka kontaminan dapat mengurangi kualitas biodiesel dan mempengaruhi kinerja mesin seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.4**. Produksi biodiesel menggunakan katalis basa seperti natrium oksida dan kalium hidroksida (NaOH dan KOH), serta natrium dan kalium

metoksida (CH_3ONa dan CH_3OK), dapat memberikan *yield* biodiesel lebih tinggi (>98%), tetapi proses pemurniannya cukup rumit. Hal ini dikarenakan pembentukan sabun (saponifikasi) terkait dengan penggunaan katalis basa. Pembentukan sabun dapat mengurangi hasil biodiesel yang diperoleh setelah tahap klarifikasi dan pemisahan. Selain itu, sabun terlarut meningkatkan kelarutan biodiesel dalam gliserol, menambah penyebab hilangnya biodiesel yang dihasilkan (Atadashi *et. al*, 2011). Oleh karena itu, diperlukan proses pemurnian (pencucian) untuk mendapatkan biodiesel yang bebas dari *impurities* sesuai dengan standar kelayakan biodiesel di Indonesia.

Tabel 2.4 Efek negatif zat pengotor pada biodiesel dan mesin

| Zat pengotor | Efek negatif pada mesin |
|------------------------|---|
| Metanol | Kerusakan segel karet alam dan gasket, titik nyala yang lebih rendah (masalah dalam penyimpanan, pengangkutan, dan pemanfaatan, dll.), nilai viskositas dan kerapatan yang lebih rendah, korosi potongan Aluminium (Al) dan Seng (Zn) |
| Air | Mengurangi panas pembakaran, korosi komponen sistem (seperti tabung bahan bakar dan pompa injektor) kegagalan pompa bahan bakar, hidrolisis (pembentukan FFA), pembentukan kristal es yang menghasilkan pembengkakan bahan bakar residu, pertumbuhan bakteriologis yang menyebabkan penyumbatan filter, dan lubang masuk piston |
| Katalis/sabun | Merusak injektor, menimbulkan masalah korosi pada mesin, menyumbat filter dan melemahkan mesin |
| Asam lemak bebas (FFA) | Kestabilan oksidasi berkurang, korosi komponen mesin yang vital |
| Gliserol | Dekantasi, masalah penyimpanan, endapan tangki bahan bakar, pengotor injektor, masalah pengendapan, emisi aldehida dan akrolein yang lebih tinggi, dan tingkat keparahan masalah daya tahan mesin |

Sumber : Atadashi (2011)

2.5 Pemurnian Metode *Dry Washing*

Dry washing yaitu pemurnian dengan memanfaatkan proses adsorpsi untuk menghilangkan zat pengotor dalam biodiesel kasar. Metode *dry washing* biasanya digunakan untuk memurnikan biodiesel dengan menggunakan adsorben seperti, magnesium silikat (magnesol atau trisyl), resin pertukaran ion (amberlite atau purolite), selulosa, arang aktif, karbon aktif, dan serat aktif, dan lain-lain. Adsorben ini terdiri dari

adsorpsi asam dan basa yang dapat mengikat situs dan memiliki afinitas yang kuat untuk senyawa polar seperti metanol, gliserin, gliserida, logam, dan sabun (Adisty, 2017).

Metode *dry washing* dilakukan dengan dua cara, yaitu cara pencampuran (*batch*) dan cara menggunakan kolom (kontinyu). Teknik pencampuran dilakukan melalui tiga tahap proses, yaitu proses pencampuran biodiesel kasar dengan adsorben, proses pendiaman, dan yang terakhir adalah proses pemisahan biodiesel dan adsorben (penyaringan). Jika dibandingkan dengan metode pencampuran, proses pemurnian dengan kolom memerlukan waktu yang lebih singkat, karena tidak melalui tiga tahap proses di atas. Metode ini dilakukan dengan mengalirkan biodiesel ke dalam sebuah kolom yang telah terisi adsorben. Proses pemurnian terjadi ketika biodiesel mengalir melalui celah-celah adsorben ini, dimana zat-zat pengotor yang ada di dalam biodiesel akan terjerat pada permukaan adsorben, sehingga biodiesel keluar dari kolom dalam keadaan murni (Herdiani, 2009).

Metode *dry washing* memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan metode *water washing*, diantaranya tidak memerlukan air, tidak terjadi proses emulsifikasi, meminimalkan *loss*, mengurangi biaya investasi, mempercepat proses pemurnian biodiesel, dan mengurangi kadar air lebih baik. Dengan demikian, seluruh keuntungan tersebut pada akhirnya akan mengurangi biaya produksi. Salah satu metode yang digunakan yang digunakan pada pemurnian menggunakan *dry washing* adalah proses adsorpsi (Udyani *et. al.*, 2018).

2.5.1 Adsorpsi

Proses adsorpsi permukaan zat padat melibatkan perpindahan zat terlarut dalam gas menuju ke permukaan zat padat, melekat pada permukaan padatan (zat penyerap) sehingga membentuk suatu lapisan tipis atau film. Proses perpindahan tersebut digerakkan oleh gaya Van der Waals. Pada peristiwa ini akan terjadi proses penggumpalan partikel atau zat terlarut (*soluble*) yang ada dalam fluida pada permukaan zat penyerap yang disebabkan adanya suatu ikatan kimia-fisika antara zat terlarut dengan penyerapnya. Materi atau partikel yang diadsorpsi disebut adsorbat, sedangkan zat pengadsorpsi disebut adsorben (Saleh *et. al.*, 2017). Adsorpsi biasa dilakukan dalam kolom yang dikemas dengan adsorben tetapi juga dapat dilakukan dalam tangki yang diaduk dengan adsorben dalam suspensi (Vera *et. al.*, 2011). Menurut Widayatno *et al.* (2017), faktor – faktor yang mempengaruhi adsorpsi antara lain sebagai berikut :

1. Jenis adsorben. Terdapat tiga jenis adsorben yaitu adsorben polar, non polar, dan basa. Adsorben polar mempunyai daya adsorpsi yang besar terhadap asam karboksilat, alkohol, alumina, keton dan aldehid. Contoh adsorben polar adalah alumina. Adsorben non polar mempunyai daya adsorpsi yang besar terhadap

amin dan senyawa yang bersifat basa. Contoh adsorben non polar adalah silika. Adsorben basa mempunyai daya adsorpsi yang besar terhadap senyawa yang bersifat asam. Contoh adsorben basa adalah Magnesia.

2. Macam-macam adsorbat. Jika zat yang diadsorpsi merupakan elektrolit maka adsorpsi akan berjalan lebih cepat dan hasil adsorpsi lebih banyak jika dibandingkan dengan larutan non elektrolit. Hal ini disebabkan karena larutan elektrolit terionisasi sehingga didalam larutan terdapat ion-ion dengan muatan berlawanan yang menyebabkan gaya tarik-menarik Van der Waals semakin besar, berarti daya adsorpsi semakin besar.
3. Konsentrasi masing-masing zat. Jika konsentrasi adsorben makin besar, maka jumlah *solute* yang teradsorpsi semakin besar.
4. Luas permukaan. Semakin luas permukaan adsorben (ukuran adsorben semakin kecil), maka adsorpsi yang terjadi makin besar karena kemungkinan zat yang menempel pada permukaan adsorben bertambah. Hal ini menyebabkan bagian yang semula tidak berfungsi sebagai permukaan (bagian dalam) setelah digerus akan berfungsi sebagai permukaan.
5. Tekanan. Apabila tekanan diperbesar molekul-molekul adsorbat akan lebih cepat teradsorpsi, akibatnya jumlah adsorbat yang terserap bertambah banyak. Jadi tekanan memperbesar jumlah zat yang teradsorpsi.
6. Daya larut terhadap adsorben. Jika daya larut tinggi maka proses adsorpsi akan terhambat karena gaya untuk melarutkan *solute*/adsorbat berlawanan dengan gaya tarik adsorben terhadap adsorbat.
7. Koadsorpsi. Suatu adsorben yang telah mengadsorpsi suatu zat akan mempunyai daya adsorpsi yang lebih besar terhadap adsorbat tertentu daripada daya adsorpsi awal.
8. Pengadukan. Apabila dilakukan pengadukan, semakin cepat pengadukan maka molekul-molekul adsorbat dan adsorben akan saling bertumbukan sehingga akan mempercepat proses adsorpsi.

2.5.2 Adsorben

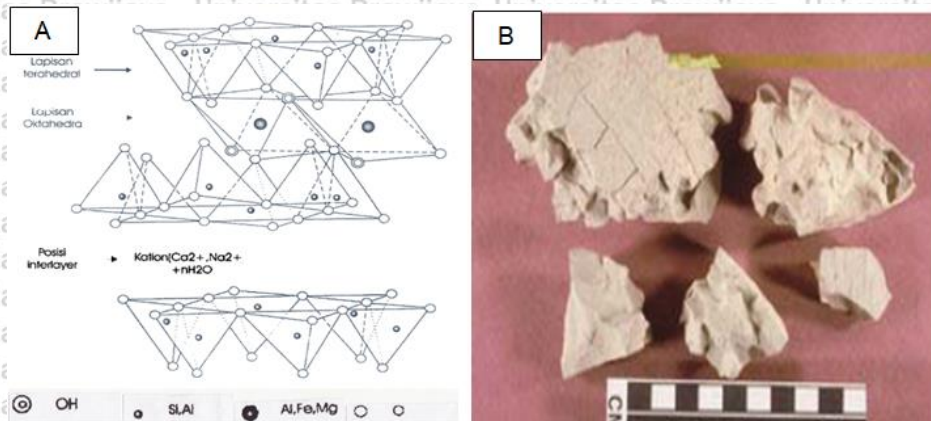
Adsorben adalah bahan padat dengan luas permukaan dalam yang sangat besar. Permukaan yang luas ini terbentuk karena banyaknya pori yang halus pada padatan tersebut. Kebanyakan zat pengadsorpsi atau adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada daerah tertentu di dalam partikel itu. Karena pori-pori adsorben biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalamnya menjadi beberapa kali lebih besar dari permukaan luar. Biasanya

luasnya berada dalam ukuran 200 – 1000 m²/g adsorben dengan diameter pori sebesar 0,0003 – 0,02 µm (Hasibuan dan Marbun, 2018). Suatu zat dapat digunakan sebagai adsorben untuk tujuan pemisahan bila mempunyai daya adsorpsi selektif, berpori (mempunyai luas permukaan per satuan massa yang besar), dan mempunyai daya ikat yang luas terhadap zat yang hendak dipisahkan secara fisik maupun kimia. Perbesaran luas permukaan dapat dilakukan dengan cara mengecilkan ukuran partikel adsorben. Pengecilan ukuran tidak boleh terlalu kecil karena dapat menyebabkan adsorben terbawa oleh aliran fluida (Widyaswari, 2010).

2.6 Hydrate Aluminium Silikat

Aluminium silikat merupakan bahan yang terdapat pada lempung (*clay*) yang strukturnya dapat mengikat atom yang bermuatan positif (kation). Bahan aluminium silikat dalam keadaan mengikat H₂O disebut aluminium silikat hidrat yang terdiri dari lapisan Si₂O₅, yang merupakan gabungan dari SiO₄⁻ yang berbentuk tetrahedral dan lapisan AlO(OH)₂, yang berbentuk oktahedral dan terdiri dari atom Al yang dikelilingi atom O dan OH. Substitusi Mg⁺² kepada Al⁺³ pada lapisan AlO(OH) menyebabkan lapisan bermuatan negatif (Purnama *et. al.*, 2009). Munculnya sifat adsorben karena pada kisi hidrat aluminium silikat disubstitusi oleh muatan yang tidak seimbang, contoh: Mg²⁺ menggantikan Al³⁺ dan Al³⁺ menggantikan Si⁴⁺. Ketidakseimbangan ini muncul karena substitusi ion dengan valensi yang berbeda pada tetrahedral, oktahedral atau keduanya (Nurhayati, 2010).

Hydrate aluminium silikat adalah lempung yang terkumpul dari waktu ke waktu, berasal dari abu gunung berapi, dimana kandungan utamanya adalah mineral smektit, yaitu montmorillonit. Rumus kimia montmorillonit adalah (Mg,Ca)O.Al₂O₃.5SiO₂.nH₂O (Herdiani, 2009). *Hydrate* aluminium silikat berwarna dasar putih dengan sedikit kecoklatan atau kemerahan atau kehijauan tergantung dari jenis dan jumlah fragmen mineral-mineralnya. Selain itu, *hydrate* aluminium silikat bersifat sangat lunak, ringan, mudah pecah, terasa seperti sabun, dan mudah menyerap air. Ukuran partikel *hydrate* aluminium silikat sangat kecil dan mempunyai kapasitas penukar ion yang tinggi dengan pertukaran ion terutama diduduki oleh ion Ca dan Mg. Berat jenis *hydrate* aluminium silikat berkisar 2,4 – 2,8 (Priatna, 1982). Lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Kristal Struktur Montmorillonit (A) dan Hydrate Aluminium Silikat (B)

(Nurhayati, 2010) (A), (Widyaswari, 2010) (B)

Industrial Mineral Assosiation-North America dalam Herdiani (2009) menjelaskan bahwa *hydrate* aluminium silikat memiliki kandungan air sekitar 30%, sehingga perlu dikeringkan agar kandungan air turun menjadi 15%. *Hydrate* aluminium silikat dapat digunakan dalam bentuk granular atau dalam bentuk bubuk yang sangat halus sekalipun. Pada aplikasi tertentu, *hydrate* aluminium silikat perlu dimurnikan terlebih dahulu untuk menghilangkan pengotornya atau diaktivasi menggunakan asam mineral untuk membentuk aluminium silikat teraktivasi asam (*bleaching earths*) atau organik untuk membentuk *organoclays*. Berdasarkan teori, ada dua jenis aktivasi, yaitu (Herdiani, 2009) :

1. Aktivasi dengan pemanasan, pengaktifan dengan pemanasan bertujuan agar air yang terikat di antara celah-celah molekul dapat teruapkan, sehingga porositasnya meningkat. Proses ini cocok dilakukan pada *hydrate* aluminium silikat jenis *swelling*.
2. Aktivasi dengan penambahan asam, pengaktifan dengan pengasaman dapat menaikkan angka perbandingan antara SiO₂:Al₂O₃. Proses ini cocok dilakukan untuk *hydrate* aluminium silikat *non swelling*. Pengaktifan *hydrate* aluminium silikat sangat dipengaruhi oleh konsentrasi asam. Selama proses *leaching*, Mg, Al, dan Fe larut dalam larutan, kemudian terjadi penyerapan asam ke dalam struktur sehingga rangkaian struktur mempunyai area yang lebih luas.

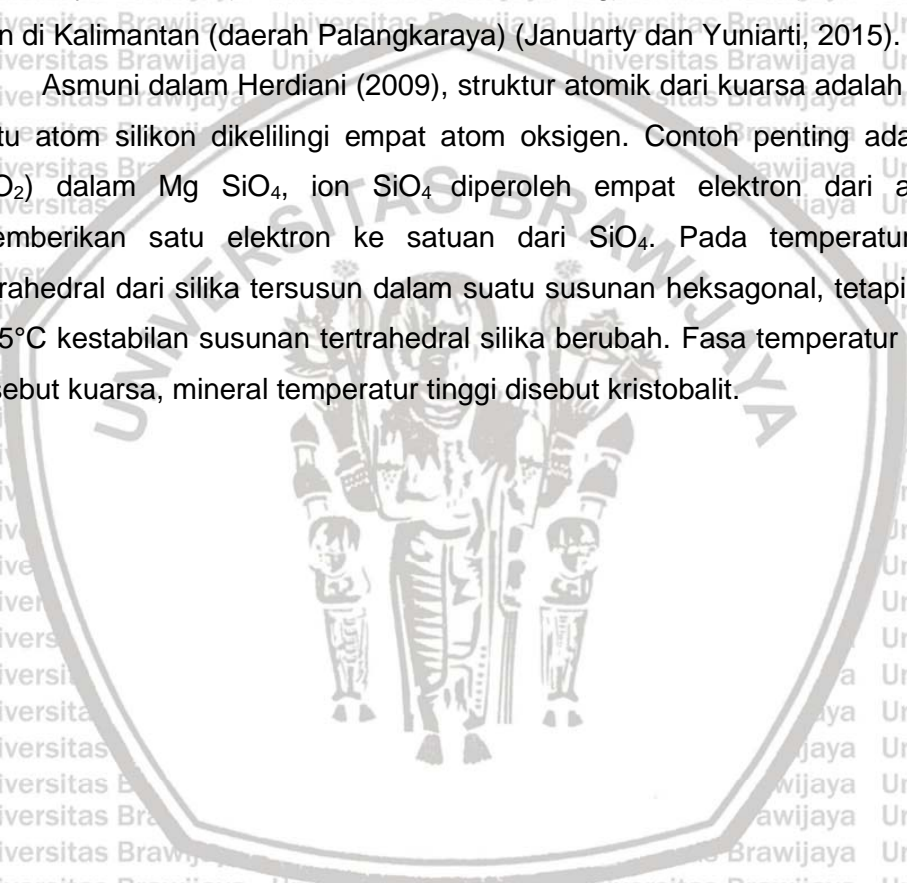
2.7 Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO₂) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa merupakan hasil pelapukan mineral semacam kuarsa dan feldspar, yang kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin dan terendapkan di tepi-tepi sungai, danau, atau laut. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃,

TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O , berwarna putih bening atau warna lain tergantung dari senyawa pengotornya, kekerasan skala 7 sesuai skala Mohs, dan bentuk kristal heksagonal (Widyaswari, 2010).

Pasir Silika atau pasir kuarsa (*silica sand*) adalah salah satu material tambang dan merupakan varietas pasir tambang yang paling umum ditemukan. Di dunia perindustrian, pemakaian pasir silika cukup pesat, baik langsung sebagai bahan baku industri maupun bahan pelengkap. Biasanya bentuk silika yang tersedia di alam bebas berikatan dengan oksigen (sebagai oksida) contohnya silika oksida yang terdapat pada pasir kuarsa, batuan kuarsit. Pasir silika tersebut banyak terdapat di beberapa daerah di Indonesia khususnya di Jawa (daerah Tuban dan Rembang), di Sumatra (daerah Bangka Belitung), dan di Kalimantan (daerah Palangkaraya) (Januarty dan Yuniarti, 2015).

Asmuni dalam Herdiani (2009), struktur atomik dari kuarsa adalah tetrahedron yang satu atom silikon dikelilingi empat atom oksigen. Contoh penting adalah forstart (Mg_2SiO_2) dalam Mg SiO_4 , ion SiO_4 diperoleh empat elektron dari atom magnesium memberikan satu elektron ke satuan dari SiO_4 . Pada temperatur kamar, satuan tetrahedral dari silika tersusun dalam suatu susunan heksagonal, tetapi pada temperatur 875°C kestabilan susunan tertrahedral silika berubah. Fasa temperatur rendah dari silika disebut kuarsa, mineral temperatur tinggi disebut kristobalit.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Proses pembuatan *crude* biodiesel, aktivasi adsorben, dan pemurnian biodiesel dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Pengujian kadar air dilakukan di Laboratorium Teknologi Agrokimia Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Sedangkan pengujian viskositas dan densitas dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2019 – Mei 2021.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 3.1 Alat dan fungsinya

| Nama Alat | Fungsi |
|----------------------|--|
| Kolom kaca ID 15 mm | wadah adsorben saat pemurnian |
| Ayakan 60 & 100 mesh | mengayak adsorben agar ukuran partikel seragam |
| Hotplate stirrer | pemanasan dan pengadukan bahan |
| Kompur listrik | memanaskan bahan |
| Timbangan analitik | menimbang bahan |
| pH meter | mengukur pH |
| Oven | mengurangi kandungan air pada bahan |
| Setrifuse | memisahkan minyak dengan fasa cair lain |
| Muffle Furnace | aktivasi adsorben |
| Magnetic stirrer | alat pengaduk pada <i>hotplate stirrer</i> |
| Corong pisah | memisahkan minyak dengan fasa cair lain |
| Gelas beaker | wadah bahan |
| Gelas ukur | mengukur volume bahan |
| Mortar dan alu | menghaluskan NaOH |
| Termometer | mengukur suhu |
| Alumunium foil | penutup wadah |
| Statif | penyangga corong pisah dan kolom kaca |
| Pipet ukur | mengambil bahan dengan volume tertentu |

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 3.2 Bahan dan fungsinya

| Nama Bahan | Fungsi |
|-----------------------------|--|
| Minyak Nyamplung | bahan perlakuan |
| Alumunium Silikat | adsorben |
| Pasir Kuarsa | meningkatkan permeabilitas tumpukan adsorben |
| Asam fosfat 85% | memisahkan gum dan kotoran dari minyak |
| Metanol <i>pro analysis</i> | pelarut katalis asam dan basa |
| Asam Sulfat 96% | katalis proses esterifikasi |
| NaOH <i>pro analysis</i> | katalis proses netralisasi dan transesterifikasi |
| Aquades | proses pencucian biodiesel |

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial dengan menggunakan lima (5) jenis perlakuan termasuk kontrol, sebanyak tiga (3) kali ulangan sehingga terdapat 15 sampel penelitian. Faktor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa yang digunakan untuk pemurnian biodiesel kasar, yaitu konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa sebesar 25%:75% (A1), 50%:50% (A2), 75%:25% (A3), dan 100%:0% (A4). Sedangkan untuk kontrol pembanding adalah *crude* biodiesel tanpa proses pemurnian (C1).

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel-variabel tetap pada pemurnian *crude* biodiesel menggunakan adsorben aluminium silikat dan *crude* biodiesel tanpa proses pemurnian sebagai kontrol pembanding adalah sebagai berikut :

1. Biodiesel kasar dari minyak nyamplung sebanyak 40 mL masing-masing perlakuan
2. Jenis adsorben yaitu aluminium silikat 100 mesh dan pasir kuarsa ukuran 60 mesh
3. Suhu pemurnian yaitu suhu kamar (25°C)

3.3.2 Variabel Respon

Variabel respon yang akan diteliti adalah viskositas, densitas, dan kadar air.

3.3.3 Analisa Data

Data hasil penelitian dianalisis secara statistik menggunakan software IBM SPSS Statistics 24 dengan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui beda nyata antar perlakuan. Lalu analisis dilanjutkan dengan pemilihan perlakuan terbaik dengan uji Tukey.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, dimulai dari persiapan bahan yaitu pembuatan *crude* biodiesel dari minyak nyamplung lalu aktivasi adsorben aluminium silikat dan pasir kuarsa. Selanjutnya pemurnian *crude* biodiesel menggunakan adsorben aluminium silikat dalam pasir kuarsa sesuai variasi konsentrasi yang telah ditentukan.

Kemudian hasil pemurnian dilanjutkan dengan pengujian biodiesel yaitu kadar air, viskositas, dan densitas. Secara umum, tahapan penelitian dapat dilihat pada **Gambar**

3.1.

3.4.1 Pembuatan *Crude* Biodiesel dari Minyak Nyamplung

Pembuatan *crude* biodiesel dari minyak nyamplung menggunakan metode *degumming* berdasarkan penelitian Prihanto dan Rahayu (2015). Selanjutnya proses esterifikasi dan netralisasi dilakukan berdasarkan penelitian Nurhidayanti (2017) dengan sedikit modifikasi. Transesterifikasi dan pengurangan kadar air dilakukan berdasarkan penelitian Aqhillah *et. al.* (2017) dengan sedikit modifikasi. Pemisahan minyak dengan fasa cair lain dilakukan menggunakan metode sentrifugasi pada 4000 rpm selama 15 menit. Sebelum minyak yang telah diperoleh diolah menjadi biodiesel, terlebih dahulu dilakukan analisis FFA (*Free Fatty Acid*) atau asam lemak bebas untuk mengetahui proses pembuatan biodiesel (Trisnawati *et. al.*, 2016). Tahapan pembuatan *crude* biodiesel sebagai berikut :

1. Proses *degumming*

Minyak nyamplung sebanyak 400 mL dipanaskan menggunakan kompor listrik hingga mencapai suhu 80°C yang diukur menggunakan termometer. Setelah mencapai suhu 80°C, gelas beaker yang berisi minyak nyamplung dipindahkan ke atas *hotplate stirrer* yang telah diatur suhunya sebesar 80°C dan dimasukkan *magnetic stirrer*. Selanjutnya minyak nyamplung ditambahkan 1,2 mL larutan asam fosfat pekat (85%) sebanyak 0,3% (v/v) kemudian gelas beaker ditutup menggunakan aluminium foil dan dilakukan pengadukan selama 30 menit pada 500 rpm. Minyak selanjutnya dipindahkan ke dalam corong pisah lalu didiamkan semalam hingga *gum* dan kotoran terpisah dari

minyak. ketika sudah terpisah, minyak nyamplung hasil *degumming* yang berada di bagian atas diambil sedangkan *gum* dan kotoran yang berada di bagian bawah dibuang.

2. Proses esterifikasi

Minyak nyamplung hasil *degumming* dipanaskan hingga suhu 60°C di atas kompor listrik. Ketika sudah mencapai suhu 60°C minyak dipindahkan ke atas *hotplate stirrer* yang sudah diatur suhu 60°C dan dimasukkan *magnetic stirrer*. Kemudian ditambahkan 7,6 mL H₂SO₄ sebagai katalis (2% v/v) dan 158 mL metanol (rasio molar metanol : minyak 8:1) dengan kecepatan pengadukan 500 rpm selama 120 menit. Setelah melalui proses pemanasan, dilakukan pemisahan antara metanol, minyak dan air menggunakan corong pisah. Minyak yang terbentuk pada esterifikasi I memiliki FFA 13,19% sehingga perlu dilakukan esterifikasi II menggunakan prosedur yang sama dengan esterifikasi I.

3. Proses netralisasi

Minyak hasil esterifikasi II sebanyak 352 mL selanjutnya dipanaskan hingga suhu ±60°C, kemudian ditambahkan 7 ml larutan NaOH 1 N (2% v/v) dan diaduk selama 2 menit. Minyak dipindahkan ke dalam corong pisah dan ditambah akuades suhu ±70°C sebanyak 10% dari volume minyak dan dibiarkan semalam hingga minyak dan air dapat dipisahkan. Selanjutnya minyak dicuci menggunakan akuades suhu ±70°C dengan perbandingan minyak : akuades 1:1 sebanyak tiga kali pencucian. Proses pemisahan minyak dan akuades dilakukan menggunakan metode sentrifugasi pada 4000 rpm selama 15 menit.

4. Proses transesterifikasi

Minyak hasil dari proses netralisasi dimasukkan ke dalam gelas beaker 500 mL dan dipanaskan hingga mencapai suhu yang telah ditentukan yaitu 60°C. Setelah suhu tercapai, kemudian ditambahkan pelarut metanol yang telah diukur dengan perbandingan rasio mol metanol : minyak 6:1 dan 1% (b/b) katalis basa NaOH yang ditambahkan ke dalam minyak. Reaksi transesterifikasi berlangsung selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan 500 rpm. Hasil dari proses transesterifikasi kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan bawah berupa gliserol dipisahkan dari lapisan atas yaitu *crude biodiesel*. *Crude biodiesel* kemudian dicuci dengan menggunakan akuades yang telah dipanaskan pada suhu 60°C sebanyak tiga kali pencucian. Kemudian biodiesel dioven pada temperatur 105°C untuk menguapkan metanol sisa reaksi dan air. Proses pembuatan *crude biodiesel* lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. Biodiesel kasar (metil ester) yang dihasilkan dianalisis kadar air, viskositas, dan densitas untuk mengetahui karakteristik biodiesel sebelum pemurnian.

3.4.2 Aktivasi Adsorben

Aluminium silikat sebelumnya diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Selanjutnya pengaktifan dilakukan secara fisika dengan memanaskan aluminium silikat di *furnace* pada suhu 400°C selama 1 jam (Walidah *et. al.*, 2015). Sedangkan proses aktivasi pasir kuarsa dilakukan berdasarkan penelitian Januarty dan Yuniarti (2015) yang dimodifikasi. Pertama – tama pasir kuarsa diayak menggunakan ayakan 60 mesh. Selanjutnya dua ratus gram pasir kuarsa dicuci dengan 500 mL aquades dengan pengadukan 800 rpm selama 10 menit. Langkah selanjutnya pasir kuarsa dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam (Susanti, 2015). Diagram alir aktivasi adsorben dapat dilihat pada **Gambar 3.3** dan **Gambar 3.4**.

3.4.3 Pemurnian Crude Biodiesel dengan Metode Kolom Menggunakan Adsorben Aluminium Silikat

Proses pemurnian dilakukan dengan cara mengalirkan biodiesel kasar berdasarkan gaya gravitasi melewati kolom yang telah berisi tumpukan aluminium silikat, dan keluar dari kolom dalam keadaan murni (Herdiani, 2009). Pertama-tama mencampurkan aluminium silikat dan pasir kuarsa sesuai dengan variasi konsentrasi yang telah ditentukan yaitu A1 (25%:75%), A2 (50%:50%), A3 (25%:75%), dan A4 (100%:0%) (massa aluminium silikat : massa pasir kuarsa). Total konsentrasi adsorben yang digunakan adalah 2 gram (Fadhil *et. al.*, 2012). Pada bagian dasar kolom ditambahkan kapas agar adsorben dan pasir kuarsa tidak ikut mengalir bersama biodiesel keluar dari kolom. Kemudian 40 mL biodiesel kasar dialirkan dari bagian atas kolom dan biodiesel murni hasil pemurnian ditampung dalam wadah untuk selanjutnya diuji kadar air, viskositas, dan densitas. Hasil pengujian mutu biodiesel kasar maupun biodiesel murni akan dibandingkan dengan SNI Biodiesel SNI 04-7182-2015. Diagram alir pemurnian biodiesel dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.

3.4.4 Pengujian Hasil Pemurnian Biodiesel

3.4.4.1 Viskositas dinamik

Pengujian viskositas dinamik dilakukan dengan menggunakan viskometer ostwald yang berguna untuk menguji besar nilai kekentalan dari sampel yang dihasilkan tersebut. Diagram alir proses pengujian viskositas biodiesel dapat dilihat pada **Gambar 3.6**. Pengujian dilakukan dengan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengalirkan cairan dalam pipa kapiler dari a ke b. Cairan yang diukur viskositasnya dimasukkan kedalam viskometer ostwald yang diletakkan pada thermostat, kemudian dihisap dengan pompa kedalam sampai diatas tanda a. Cairan dibiarkan mengalir ke bawah dan waktu

yang diperlukan dari a ke b dicatat menggunakan stopwatch. Dengan demikian viskositas diukur dengan persamaan berikut (Irawati, 2018) :

$$\eta = \frac{\eta_0 \cdot d \cdot t}{d_0 \cdot t_0}$$

Keterangan :

η = viskositas cairan sampel (poise)

η_0 = viskositas cairan pembanding (poise)

t_0 = waktu alir cairan pembanding (s)

t = waktu alir cairan sampel (s)

d_0 = massa jenis aquades (g/mL)

d = massa jenis sampel (g/mL)

3.4.4.2 Densitas

Densitas diukur menggunakan piknometer ukuran 5 ml. Piknometer ditimbang bobot kosongnya. Piknometer diisi dengan minyak. Piknometer ditera sampai batas yang ditentukan lalu ditimbang. Pengukuran diulang tiga kali, hasil analisis dinyatakan dalam rata-rata hitungannya. Diagram alir pengujian densitas biodiesel dapat dilihat pada **Gambar 3.7**. Densitas dihitung berdasarkan persamaan (Khaidir *et. al.*, 2015) :

$$\rho_t = \frac{m_1 - m_0}{V_t}$$

Keterangan :

ρ_t = densitas pada suhu t (g/mL)

m_1 = bobot piknometer yang berisi minyak (g)

m_0 = bobot piknometer kosong (g)

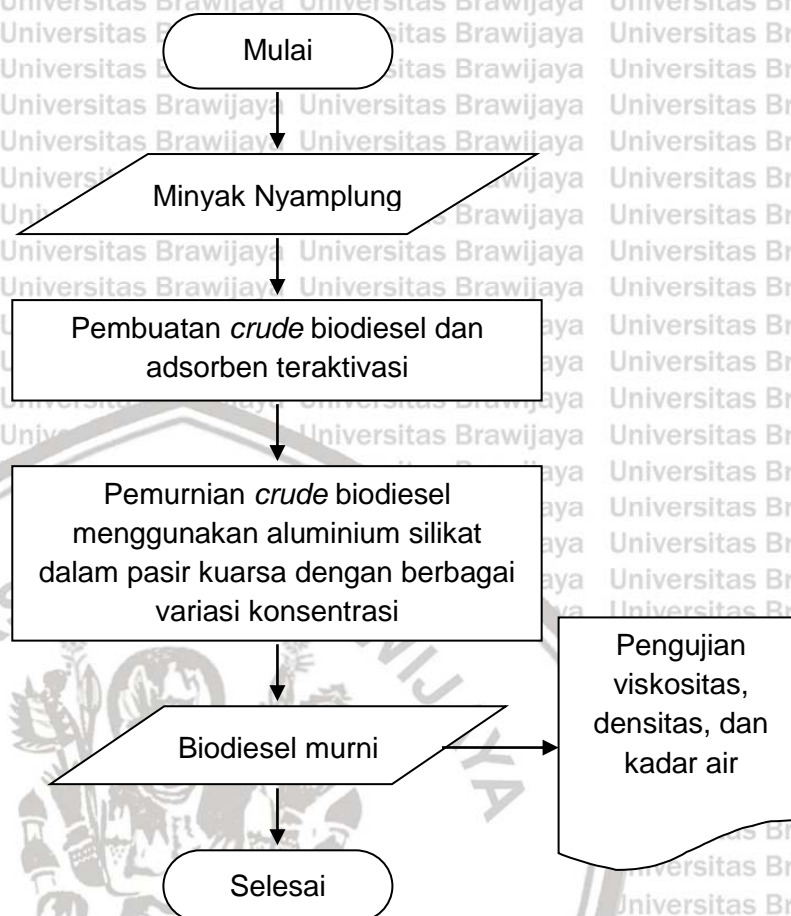
V_t = volume piknometer pada suhu t (mL)

3.4.4.3 Kadar air

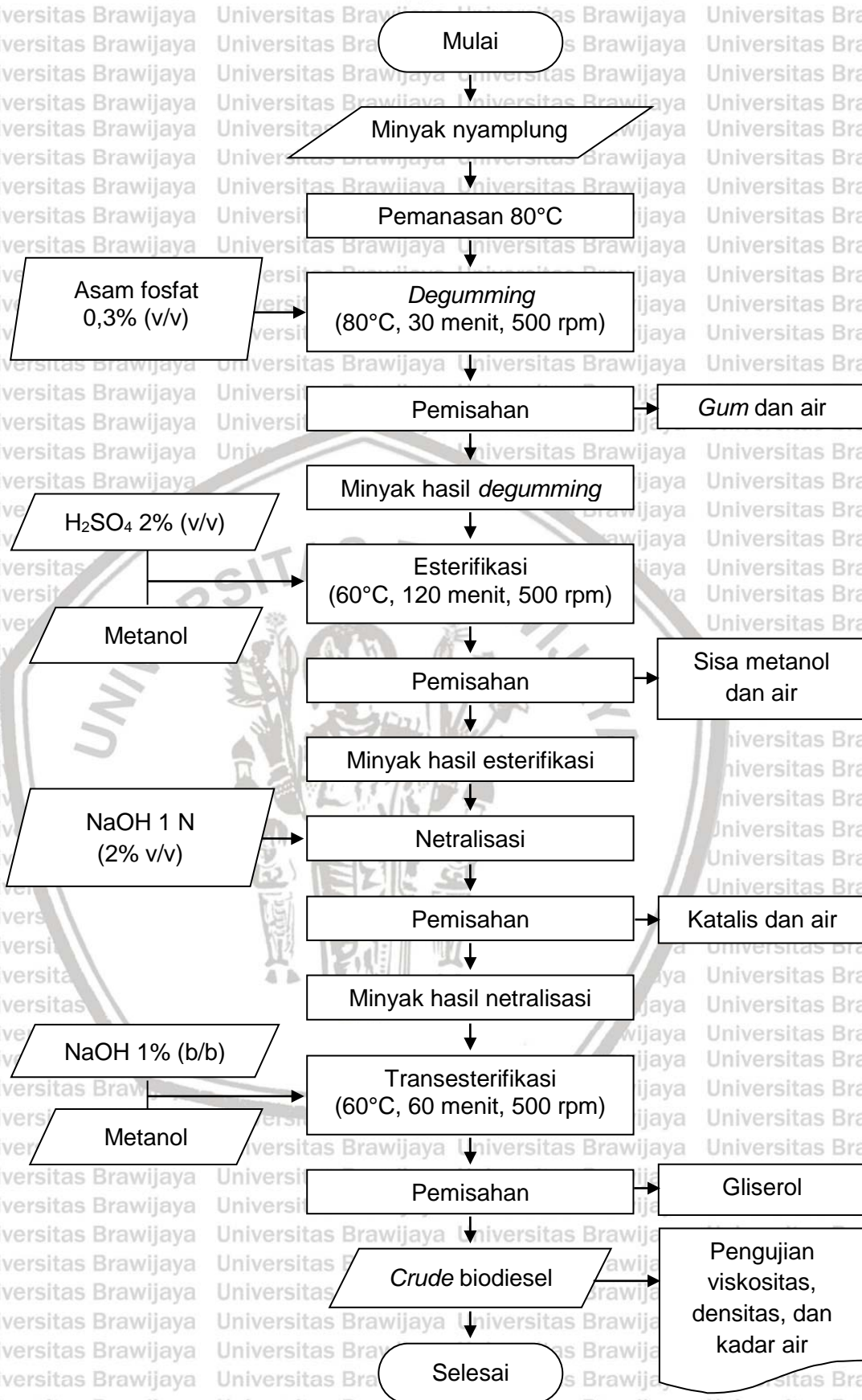
Pengujian kadar air dilakukan dengan menggunakan alat *moisture analyzer*.

Pertama – tama memasukkan wadah sampel berupa cawan alumunium foil ke dalam tempat sampel. Selanjutnya dimasukkan biodiesel yang akan dianalisis sebanyak 2 gram. Kemudian alat ditutup dan ditekan tombol “start”. Nilai kadar air akan muncul pada layar dan berubah hingga mencapai angka konstan. Apabila angka yang tertera sudah stabil langkah terakhir adalah menekan tombol “stop” (Anggo *et. al.*, 2014). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.

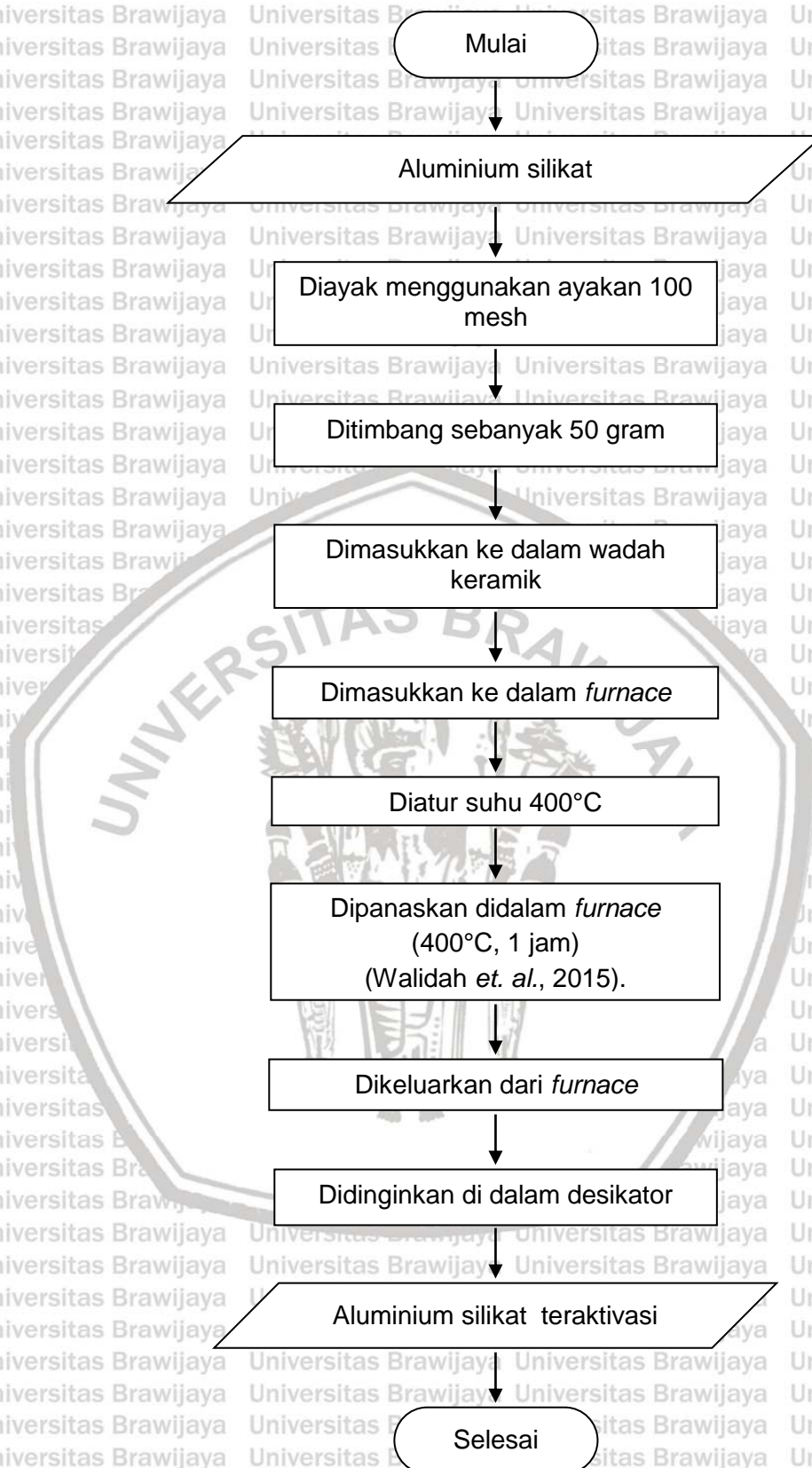
3.5 Diagram Alir Penelitian



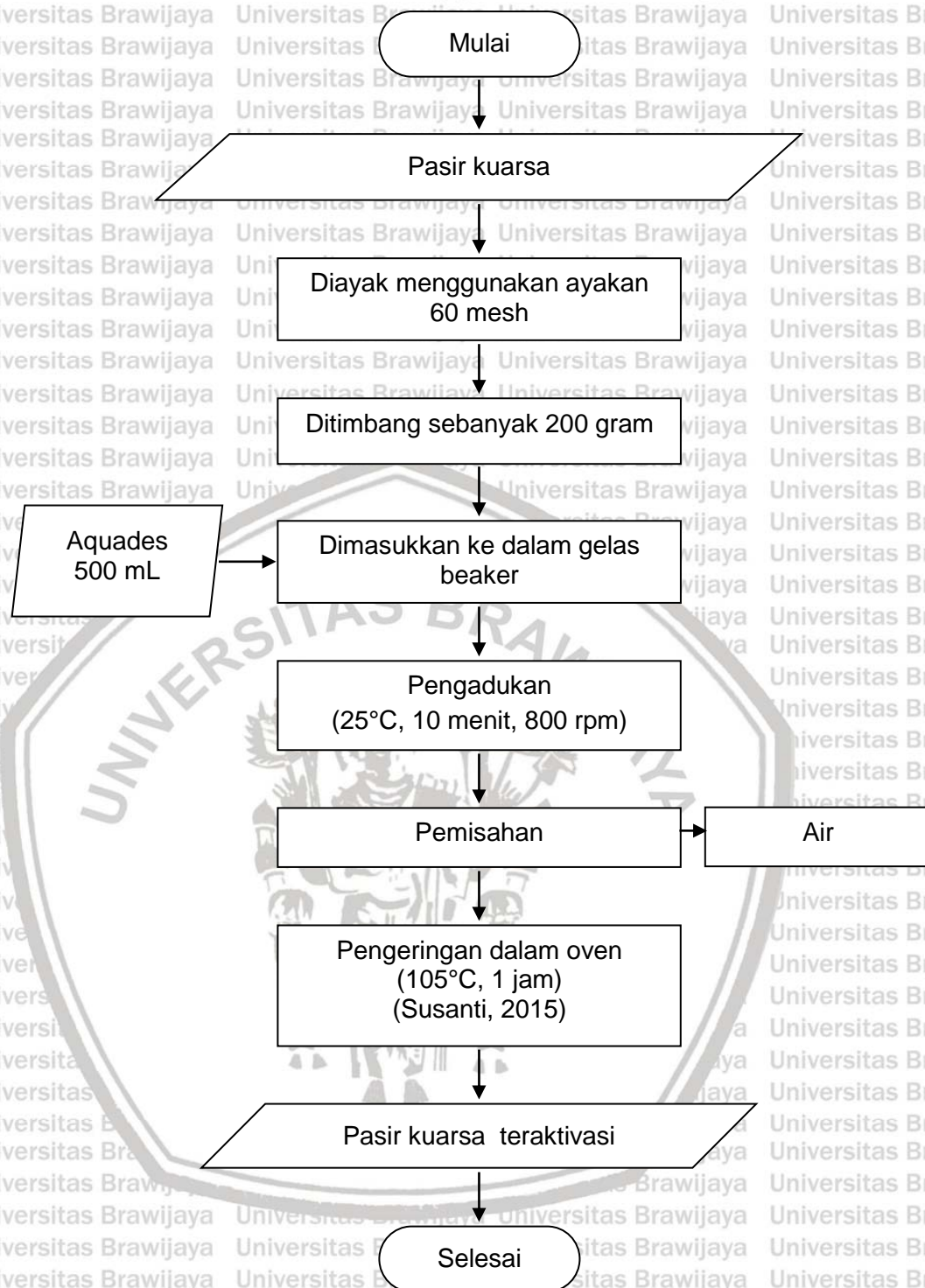
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian



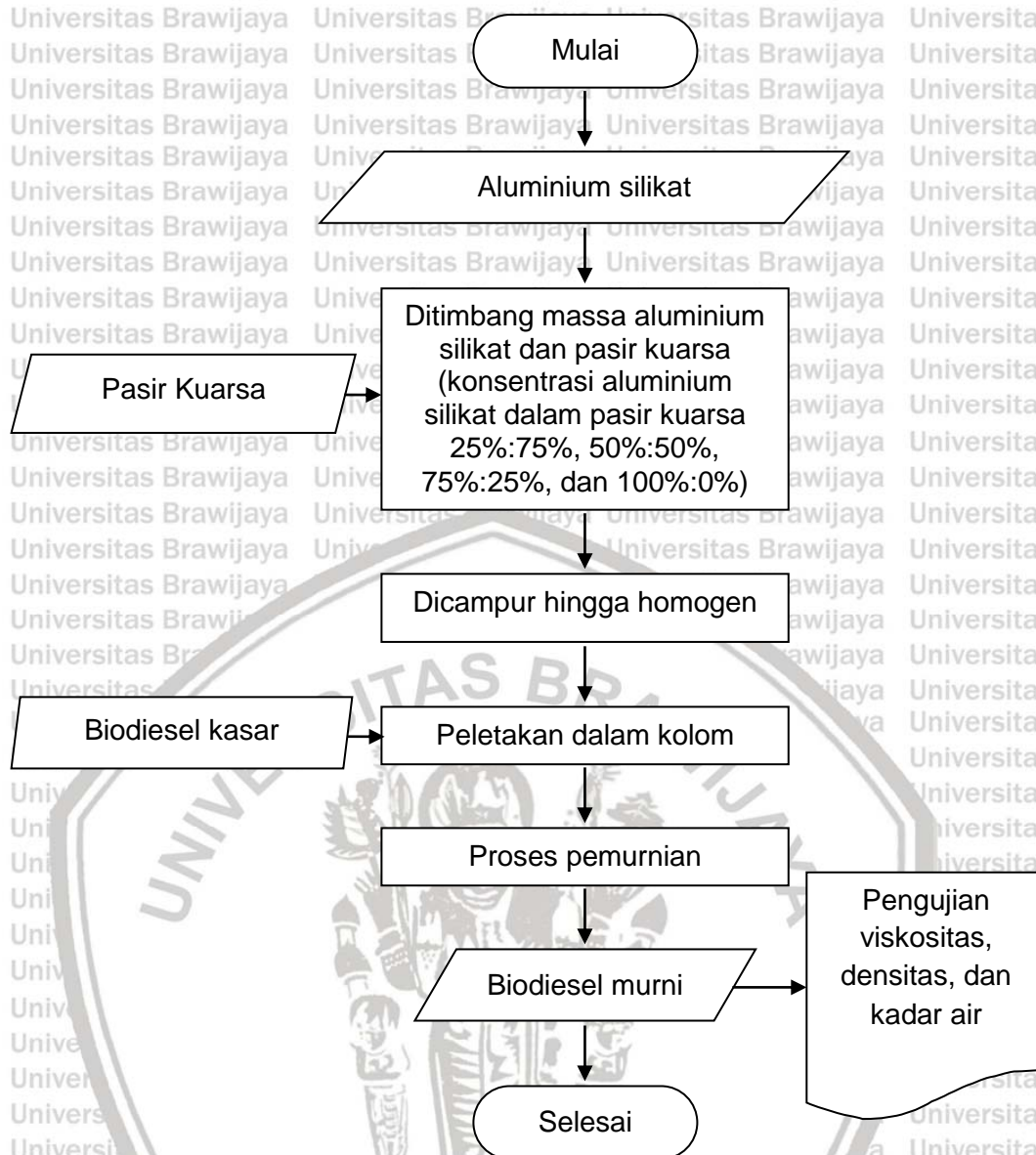
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan *Crude Biodiesel*
(Prihanto dan Rahayu, 2015)



Gambar 3.3 Diagram Alir Aktivasi Aluminium Silikat
(Walidah et. al., 2015)

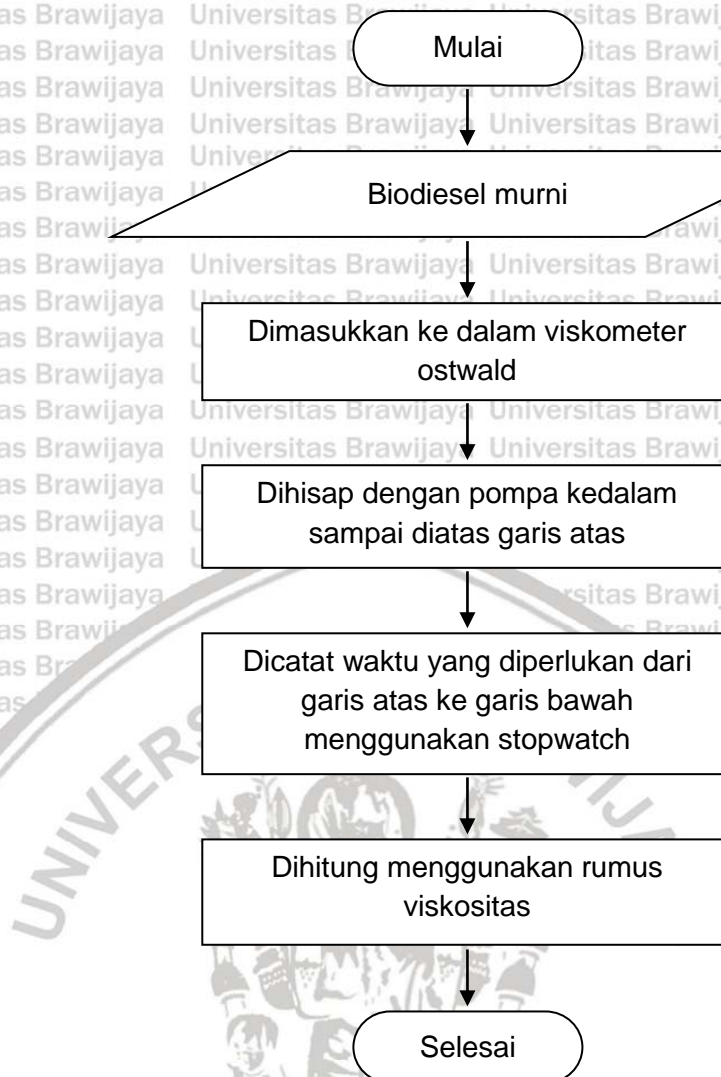


Gambar 3.4 Diagram Alir Aktivasi Pasir Kuarsa
(Januarty dan Yuniarti, 2015)

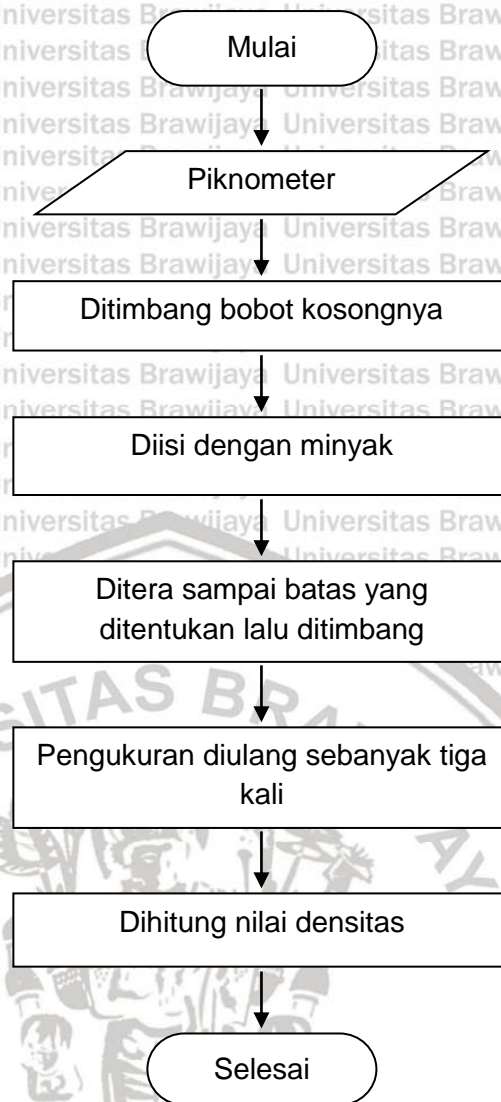


Gambar 3.5 Diagram Alir Pemurnian Biodiesel Kasar Menggunakan Adsorben Aluminium Silikat

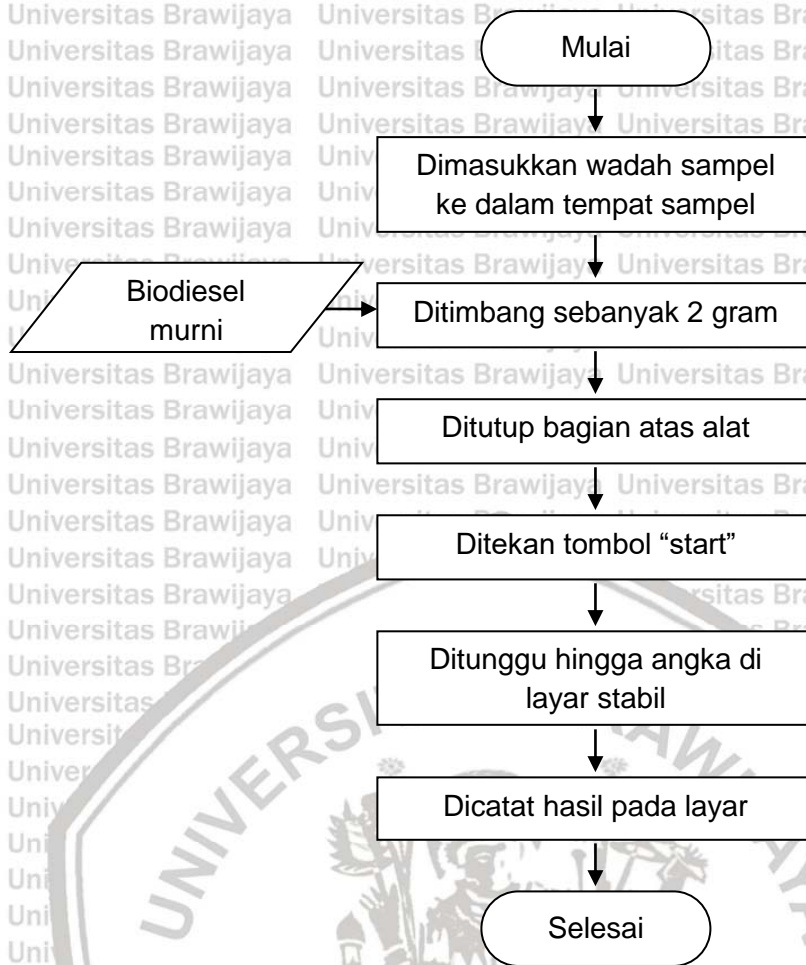
(Herdiani, 2009)



Gambar 3.6 Diagram Alir Pengujian Viskositas Pada Biodiesel
(Irawati, 2018)



Gambar 3.7 Diagram Alir Pengujian Densitas Pada Biodiesel
(Khaidir *et. al.*, 2015)



Gambar 3.8 Diagram Alir Pengujian Kadar Air Pada Biodiesel
(Anggo *et. al.*, 2014)

BAB IV

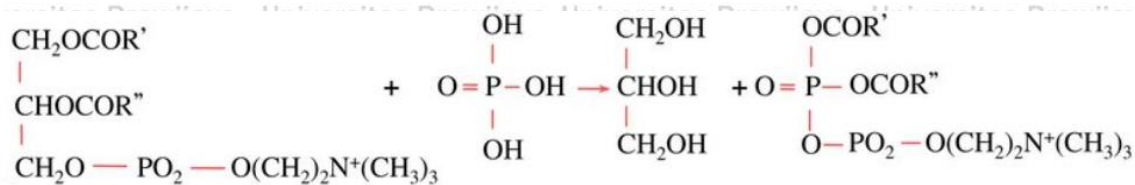
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan *Crude Biodiesel* dari Minyak Nyamplung

Minyak nyamplung murni yang dihasilkan dari proses pengepresan biji tanaman nyamplung memiliki kenampakan berwarna hijau gelap, kental, dan berbau menyengat khas minyak biji nyamplung. Selain itu, karakteristik yang dimiliki diantaranya viskositas dan kadar asam lemak yang tinggi disebabkan mengandung banyak senyawa pengotor didalamnya. Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses pembuatan *crude biodiesel* dari minyak nyamplung diperlukan pengujian kadar asam lemak (FFA). Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan proses – proses yang dibutuhkan dalam pembuatan biodiesel tersebut. Menurut Prihanto dan Rahayu (2015), minyak nabati yang mengandung kadar asam lemak bebas (FFA) $>2\%$ maka proses pembuatan biodiesel menjadi dua tahap yaitu esterifikasi dan transesterifikasi. Kadar asam lemak bebas (FFA) minyak nyamplung yang digunakan pada penelitian ini sebesar 30,77% sehingga pembuatan *crude biodiesel* melalui dua tahap yaitu esterifikasi dan transesterifikasi.

Sebelum dilakukan esterifikasi, pertama – tama minyak nyamplung murni melalui proses pemisahan getah (*degumming*). Proses ekstraksi biji nyamplung menyebabkan minyak yang dihasilkan mengandung kotoran dari kulit dan senyawa kimia meliputi alkaloid, fosfatida, karotenoid, klorofil, dan lain – lain. *Degumming* bertujuan untuk memisahkan minyak dari getah/lendir yang terdiri dari fosfatida, protein, karbohidrat, residu, air dan resin yang terkandung dalam minyak. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *acid degumming* yaitu dilakukan dengan cara menambahkan 0,3% (v/v) larutan asam fosfat 85% ke dalam minyak nyamplung pada suhu 80°C kemudian diaduk diatas hotplate stirrer menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan pengadukan 500 rpm selama 30 menit. Penambahan asam fosfat bertujuan untuk memisahkan getah yang berupa senyawa fosfatida agar mudah terpisah dari minyak. setelah proses pengadukan. Minyak hasil *degumming* dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan semalam untuk mengendapkan fosfatida yang terkandung dalam minyak. dua lapisan yang terbentuk adalah minyak hasil *degumming* (atas) dan fosfatida serta zat pengotor lain (bawah). Reaksi kimia *degumming* oleh asam fosfat dapat dilihat pada

Gambar 4.1.



fosfolipid asam gliserol gum

fosfat

Gambar 4.1 Reaksi *Acid Degumming* Menggunakan Asam Fosfat

(Hambali dan Suryani, 2012)

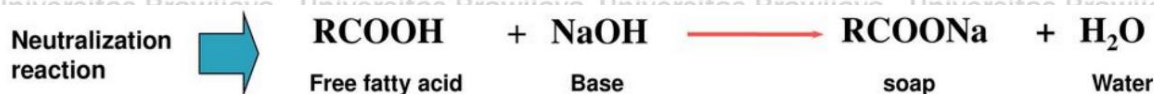
Esterifikasi dilakukan dengan tujuan untuk mengkonversi asam lemak bebas (FFA) menjadi ester. Metode esterifikasi dimulai dengan memanaskan minyak hasil *degumming* hingga suhu 60°C lalu ditambahkan 2% (v/v) H₂SO₄ dan metanol PA dengan perbandingan metanol:minyak (8:1). Selanjutnya minyak diaduk dengan kecepatan pengadukan 500 rpm selama 120 menit lalu dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan semalam. Dikarenakan kandungan asam lemak bebas (FFA) yang masih cukup tinggi, maka diperlukan proses esterifikasi tahap II hingga asam lemak bebas mencapai <2%. Reaksi kimia esterifikasi oleh katalis asam dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Asam

(Kartika dan Widyaningsih, 2012)

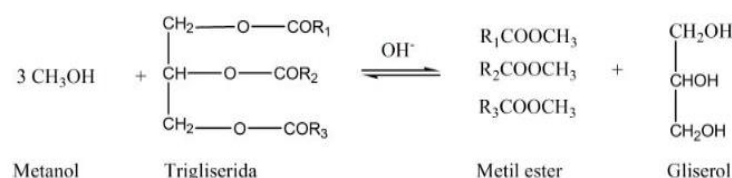
Proses selanjutnya setelah esterifikasi II adalah netralisasi. Proses netralisasi dilakukan untuk menghilangkan asam lemak bebas dalam minyak agar proses transesterifikasi dapat berlangsung optimal. Minyak hasil esterifikasi dipanaskan hingga suhu ±60°C kemudian ditambahkan larutan NaOH 1 N sebanyak 2% (v/v) dan diaduk selama 2 menit. Pencucian minyak hasil netralisasi dilakukan untuk memisahkan sisa katalis yang terkandung di dalam minyak. Secara teori, semakin berkurang kandungan asam lemak bebas dalam minyak membuat reaksi transesterifikasi berlangsung lebih optimal karena katalis yang digunakan akan bekerja lebih maksimal (Prihanto dan Rahayu, 2015). Reaksi kimia netralisasi oleh NaOH dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Reaksi Netralisasi Menggunakan NaOH

(Hambali dan Suryani, 2012)

Proses transesterifikasi merupakan proses utama dalam pembuatan biodiesel yaitu mengkonversi trigliserida menjadi metil ester. Minyak hasil netralisasi dipanaskan hingga suhu 60°C kemudian ditambahkan katalis basa NaOH sebanyak 1% (b/b) dan metanol dengan perbandingan minyak : metanol (1:6). Proses reaksi dilakukan dengan cara pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* pada 500 rpm selama 60 menit. Setelah didiamkan semalam di dalam corong pisah akan terbentuk dua lapisan yaitu metil ester (*crude biodiesel*) pada lapisan atas dan gliserol pada lapisan bawah. Untuk memisahkan antara metil ester dan sisa katalis maka dilakukan pencucian menggunakan akuades sebanyak tiga kali lalu metil ester dimasukkan oven untuk menguapkan sisa metanol dan menurunkan kadar air. Reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa dapat dilihat pada **Gambar 4.4**. Sedangkan hasil *crude biodiesel* dari proses transesterifikasi dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.4 Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Katalis Basa
(Kartika dan Widyaningsih, 2012)



Gambar 4.5 Hasil *Crude Biodiesel* Minyak Nyamplung

4.2 Aktivasi Adsorben

Aluminium silikat yang belum diaktivasi mengandung zat pengotor (*impurities*) yang dapat menurunkan performa adsorben ketika proses adsorpsi dilakukan. Pada penelitian ini menggunakan adsorben bentonit yaitu salah satu jenis mineral yang terdiri dari kristal alumino-silikat terhidrasi dimana adsorben mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Bentonit memiliki sifat penukar ion, mampu mengembang, luas permukaan yang besar dan mudah menyerap air (Mahmudha dan Nugraha, 2016). Sebelumnya bentonit diayak terlebih dahulu menggunakan ayakan berukuran 100 mesh

dengan tujuan agar ukurannya seragam. Proses aktivasi bentonit pada penelitian ini menggunakan metode secara fisika yaitu dengan pemanasan suhu 400°C di dalam *muffle furnace* selama 1 jam. Setelah dikeluarkan dari *furnace*, bentonit segera dimasukkan ke dalam desikator hingga dingin untuk menghindari kontak dengan udara luar. Aktivasi dengan pemanasan bertujuan untuk menguapkan air yang terikat di celah-celah molekul sehingga porositas adsorben meningkat. Kelebihan dari aktivasi secara fisika yaitu lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan aktivasi secara kimia.

Aktivasi pasir kuarsa berbeda dengan aluminium silikat. Pasir kuarsa sendiri memiliki kandungan silika (SiO_2) yang cukup tinggi yaitu sebesar 55,30 – 99,87% (Januarty dan Yuniarti, 2015). Pasir kuarsa berukuran 60 mesh dicuci dengan aquades kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* pada 800 rpm selama 10 menit. Pencucian ini dilakukan untuk menghilangkan pengotor serta pasir kuarsa halus yang dikhawatirkan akan ikut larut saat proses pemurnian berlangsung dan mempersulit proses pemisahan antara biodiesel dan adsorben.

4.3 Pemurnian *Crude Biodiesel* Menggunakan Adsorben Aluminium Silikat

Crude biodiesel yang dihasilkan dari proses sebelumnya dikumpulkan ke dalam botol vial berukuran 100 mL sebagai tempat penyimpanan sebelum diproses untuk pemurnian. Metode yang digunakan untuk pemurnian biodiesel pada penelitian ini adalah metode kolom, yaitu dengan mengalirkan *crude biodiesel* memanfaatkan gaya gravitasi agar melewati kolom adsorben yang terdiri dari variasi komposisi aluminium silikat dan pasir kuarsa yang telah ditentukan. Penelitian ini menggunakan kolom kaca yang memiliki diameter 15 mm dan tinggi 300 mm. Pertama – tama sejumlah kapas dimasukkan ke dalam bagian dasar kolom agar adsorben tidak ikut mengalir bersama biodiesel yang keluar. Kemudian sebanyak 2 gram adsorben dimasukkan ke dalam kolom kaca. Variasi komposisi adsorben yang digunakan pada penelitian ini yaitu aluminium silikat : pasir kuarsa 25%:75% (A1), 50%:50% (A2), 75%:25% (A3), dan 100%:0% (A4). Sebanyak 40 mL *crude biodiesel* dialirkan dari bagian atas kolom kaca sehingga melewati adsorben yang ada di dalam kolom kaca tersebut. Proses pemurnian membutuhkan waktu selama ± 3 jam hingga seluruh biodiesel melewati kolom. Detail proses pemurnian *crude biodiesel* dengan metode kolom dapat dilihat pada **Gambar 4.6**. Biodiesel hasil pemurnian yang telah ditampung akan diuji viskositas, densitas, dan kadar air.



Gambar 4.6 Proses Pemurnian *Crude Biodiesel*

Proses adsorpsi zat pengotor (*impurities*) pada *crude* biodiesel terjadi secara kimia (kemisorpsi). Kemisorpsi diawali dengan adsorpsi fisik, dimana zat pengotor pada *crude* biodiesel mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau melalui ikatan hidrogen (Hardyanti *et. al.*, 2017). Adsorben aluminium silikat mempunyai muatan negatif yang disebabkan oleh substitusi Mg^{+2} kepada Al^{+3} pada lapisan $AlO(OH)$ (Purnama *et. al.*, 2009). Substitusi ion dengan valensi yang berbeda membuat kisi *hydrate* aluminium silikat tidak seimbang sehingga memunculkan sifat adsorben. Pada bagian interlayer aluminium silikat mengandung kation atau ion positif seperti Ca^{2+} dan Na^{+} . Partikel bermuatan negatif pada adsorben yang diimbangi dengan kation dapat dipertukarkan dan terikat lemah (Na, Ca, Mg, atau K). Hal ini memungkinkan aluminium silikat dapat memisahkan logam berat dari air dan memisahkan senyawa organik kationik melalui mekanisme pertukaran ion. Mekanisme pertukaran ion merupakan bentuk khusus dari adsorpsi kimia yaitu suatu proses yang melibatkan pertukaran dapat balik (*reversible*) dari ion - ion di dalam larutan dengan ion terikat di dalam bahan bakar penukar ion. Hal ini sesuai dengan teori gaya coulomb dimana sifat sorptif muncul dari tempat bermuatan negatif pada adsorben terhadap ion positif (Atikah, 2017).

4.4 Karakteristik Biodiesel Hasil Pemurnian

Pemurnian biodiesel menjadi salah satu proses yang penting dalam produksi biodiesel karena berkaitan dengan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Adanya zat pengotor (*impurities*) dalam biodiesel dapat mempengaruhi kinerja dan kondisi mesin pada kendaraan. Berbagai metode pemurnian dikembangkan untuk memaksimalkan kualitas biodiesel agar memenuhi SNI yang berlaku. Salah satu metode yang bisa dijadikan pilihan adalah *dry washing* dengan konsep adsorpsi yaitu memanfaatkan sifat adsorben yang memiliki luas permukaan tertentu untuk mengikat *impurities* yang ada

pada biodiesel sehingga biodiesel yang dihasilkan menjadi lebih murni. Menurut Udyani *et. al.* (2018), penggunaan metode *dry washing* dinilai lebih baik dibandingkan dengan *water washing* karena dapat mengurangi kadar air lebih baik, tidak terjadi proses emulsifikasi, meminimalkan *loss*, mempercepat proses pemurnian biodiesel, mengurangi limbah air pasca pemurnian, dan mengurangi biaya investasi. Dengan demikian, seluruh keuntungan akan mengurangi biaya produksi.

Proses pemurnian biodiesel pada penelitian ini menggunakan variasi komposisi adsorben aluminium silikat dengan pasir kuarsa 25%:75% (A1), 50%:50% (A2), 75%:25% (A3), dan 100%:0% (A4). Kemudian dibandingkan dengan biodiesel tanpa proses pemurnian (C1) sebagai kontrol. Uji kuantitatif yang dilakukan yaitu viskositas, densitas, dan kadar air. Pada **Tabel 4.1** menunjukkan hasil pengujian proses pemurnian *crude* biodiesel dengan metode kolom menggunakan adsorben aluminium silikat.

Tabel 4.1 Analisa biodiesel hasil pemurnian menggunakan adsorben

| No | Sampel | Konsentrasi Adsorben | | Viskositas (cSt) | Densitas (g/mL) | Kadar Air (%-vol) |
|----|--------|----------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | Aluminium Silikat | Pasir Kuarsa | | | |
| 1 | C1 | 0% | 0% | 7,415 \pm 0,1334 | 0,902 \pm 0,0192 | 0,457 \pm 0,1704 |
| 2 | A1 | 25% | 75% | 7,133 \pm 1,6168 | 0,893 \pm 0,0251 | 0,393 \pm 0,1012 |
| 3 | A2 | 50% | 50% | 6,906 \pm 0,5712 | 0,892 \pm 0,0026 | 0,350 \pm 0,0964 |
| 4 | A3 | 75% | 25% | 6,870 \pm 0,1821 | 0,889 \pm 0,0125 | 0,317 \pm 0,0351 |
| 5 | A4 | 100% | 0% | 5,829 \pm 1,1334 | 0,871 \pm 0,0597 | 0,283 \pm 0,1721 |

4.5 Analisa Data Hasil Pemurnian *Crude* Biodiesel

4.5.1 Viskositas Kinematik (ν)

Viskositas merupakan angka kekentalan suatu cairan. Pada biodiesel, viskositas dapat mempengaruhi pelumasan, gesekan antara bagian – bagian yang bergerak dan keausan mesin (Nurdyaningrum dan Nasrudin, 2013). Menurut Kwangdinata *et. al.* (2013) viskositas merupakan salah satu standar dalam penentu kualitas biodiesel dan memiliki peranan yang sangat penting dalam proses penginjeksian bahan bakar. Viskositas yang terlalu rendah dapat menyebabkan kebocoran pompa injeksi bahan bakar dan apabila terlalu tinggi dapat mempengaruhi kerja cepat alat injeksi dan mempersulit pengabutan bahan bakar.

Pengukuran viskositas menggunakan viskometer Ostwald menghasilkan nilai viskositas dinamik dengan satuan P (Poise). Sedangkan nilai viskositas pada SNI 04-7182-2015 untuk biodiesel menggunakan satuan cSt (centistokes) yaitu satuan pada viskositas kinematik. Oleh karena itu, setelah proses pengujian dilanjutkan dengan tahap

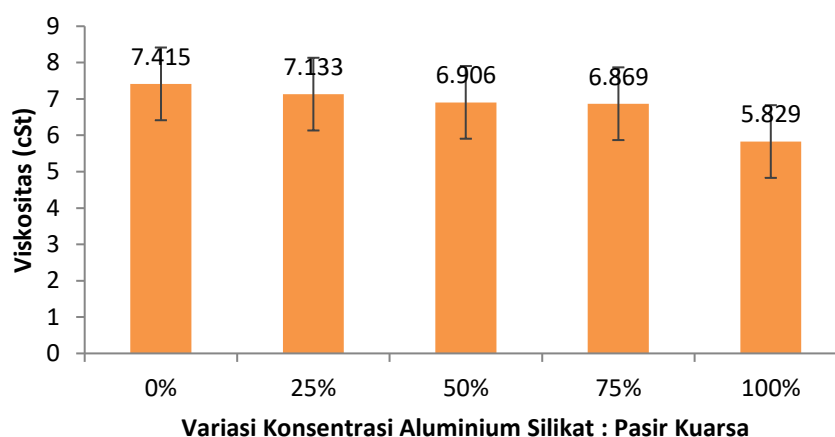
konversi viskositas dinamik menjadi viskositas kinematik untuk mempermudah proses analisis data. Hal ini dilakukan menggunakan rumus persamaan sebagai berikut (Krisandi dan Anis, 2020) :

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

dimana : v = viskositas kinematik (m^2/s)

μ = viskositas dinamik ($\text{N.s}/\text{m}^2$)

ρ = massa jenis (kg/m^3)



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Variasi Adsorben Terhadap Viskositas Biodiesel

Pada **Gambar 4.7** dapat dilihat bahwa terjadi penurunan viskositas seiring dengan meningkatnya massa adsorben aluminium silikat. Biodiesel tanpa pemurnian atau kontrol (C1) memiliki viskositas sebesar 7,415 cSt. Setelah dilakukan proses pemurnian dengan adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa 25%:75% (A1) viskositas menurun menjadi sebesar 7,133 cSt. Selanjutnya ketika ditambahkan konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa menjadi 50%:50% (A2), viskositas menurun menjadi 6,906 cSt. Pada pemurnian menggunakan adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa 75%:25% (A3) memiliki viskositas yang tidak jauh berbeda dengan A2 yaitu sebesar 6,869 cSt. Nilai viskositas terendah terdapat pada hasil pemurnian biodiesel dengan variasi konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa 100%:0% yaitu sebesar 5,829 cSt.

Nilai viskositas berdasarkan **Gambar 4.7** semakin menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi adsorben aluminium silikat. Hal ini menunjukkan terjadi proses adsorpsi zat pengotor yang ada pada *crude* biodiesel oleh adsorben selama pemurnian. Zat pengotor yang terkandung di dalam *crude* biodiesel antara lain sabun, gliserol, sisa reaktan yang tidak bereaksi seperti metanol, katalis, dan air. Menurut Putra *et. al.* (2012) faktor yang mempengaruhi perbedaan viskositas pada biodiesel yaitu terdapat beberapa

impurities yang masih terkandung dalam biodiesel berupa sisa – sisa reaktan yang tidak bereaksi dan proses pemisahan yang kurang efektif atau kurang sempurna.

Tabel 4.2 Hasil analisa statistika ANOVA uji viskositas

| Source | Type II Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-----------|------------------------|----|-------------|-------|-------|
| Perlakuan | 4,330 | 4 | 1,083 | 1,282 | 0,353 |
| Kelompok | 1,795 | 2 | 0,897 | 1,062 | 0,390 |
| Error | 6,757 | 8 | 0,845 | | |
| Total | 712,725 | 15 | | | |

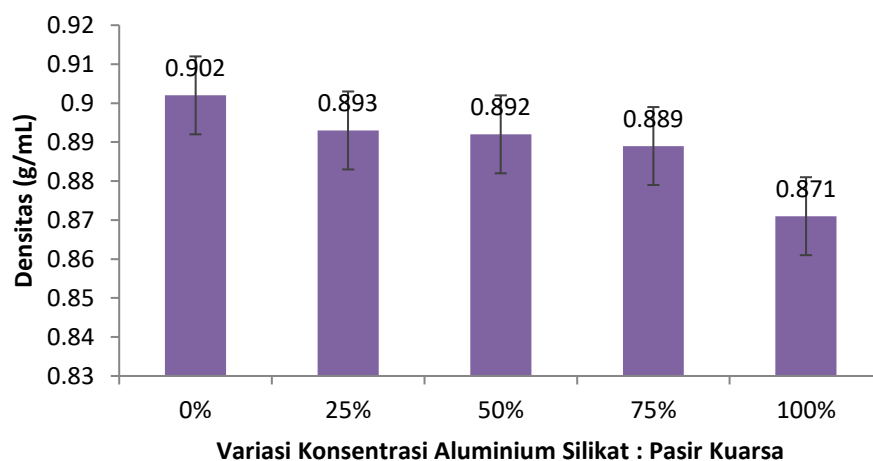
Berdasarkan analisa statistika ANOVA pada **Tabel 4.2** menunjukkan bahwa pengaruh variasi konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa pada penelitian ini tidak signifikan. Pada kolom *significant* untuk perlakuan memiliki nilai *significant* atau *p-value* sebesar 0,353. Apabila *p-value* >0,05 maka dapat disimpulkan bahwa terdapat penurunan nilai viskositas, namun nilai penurunan viskositas tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variasi yang telah dilakukan. Meskipun begitu, biodiesel hasil pemurnian telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) pada variasi konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa 100%:0% (A4) yaitu sebesar 5,289 cSt dimana berdasarkan SNI 04-7182-2015 untuk viskositas biodiesel sebesar 2,3 – 6,0 cSt.

4.5.2 Densitas

Densitas atau massa jenis merupakan jumlah atau kuantitas massa suatu zat terhadap volumenya pada suhu tertentu. Densitas termasuk salah satu analisis sifat fisik pada biodiesel dan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui keberhasilan dari proses pembuatan biodiesel. Densitas merupakan salah satu penentu kualitas biodiesel karena berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan mesin diesel. Nilai kalor atau pembakaran akan semakin tinggi seiring dengan semakin rendah nilai densitas (Kwangdinata *et. al.*, 2013).

Pada **Gambar 4.8**, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan densitas biodiesel seiring dengan meningkatnya konsentrasi adsorben aluminium silikat. *Crude* biodiesel minyak nyamplung (C1) sendiri memiliki densitas sebesar 0,902 g/mL dimana nilai tersebut merupakan nilai densitas tertinggi dibandingkan dengan biodiesel setelah pemurnian. Ketika dilakukan proses pemurnian dengan konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa 25%:75% (A1) densitas menjadi sebesar 0,893 g/mL. Konsentrasi adsorben ditingkatkan menjadi aluminium silikat : pasir kuarsa 50%:50% (A2) dan menghasilkan biodiesel yang memiliki densitas sebesar 0,892 g/mL. Pada konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa 75%:25% (A3) densitas biodiesel yang

dihasilkan sebesar 0,889 g/mL. Densitas biodiesel terendah terdapat pada variasi konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa 100%:0% (A4) yaitu sebesar 0,871 g/mL.



Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Variasi Adsorben Terhadap Densitas Biodiesel

Menurut Jatyaraga *et. al.* (2015) nilai densitas merupakan salah satu faktor yang mengindikasikan kadar *impurities* yang ada pada biodiesel dimana semakin banyak *impurities* maka semakin tinggi nilai densitas. Bertambahnya konsentrasi adsorben menyebabkan semakin banyak *impurities* yang diserap sehingga nilai densitas semakin menurun. Pada penelitian ini nilai densitas terendah terdapat pada biodiesel yang dimurnikan dengan konsentrasi adsorben aluminium silikat tertinggi yaitu konsentrasi aluminium silikat : pasir kuarsa 100%:0% sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini sesuai dengan literatur.

Tabel 4.3 Hasil analisa statistika ANOVA uji densitas

| Source | Type II Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-----------|------------------------|----|-------------|-------|-------|
| Perlakuan | 0,002 | 4 | 0,000 | 0,386 | 0,813 |
| Kelompok | 0,001 | 2 | 0,001 | 0,621 | 0,562 |
| Error | 0,008 | 8 | 0,001 | | |
| Total | 11,873 | 15 | | | |

Berdasarkan analisa statistika ANOVA pada **Tabel 4.3** menjelaskan bahwa pengaruh perlakuan variasi konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa pada penelitian ini tidak signifikan dengan nilai *significant* 0,813. Ketika nilai *significant* atau *p-value* <0,05 maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh pada densitas, namun nilai penurunan densitas tidak memberikan perbedaan yang nyata. Meskipun begitu, densitas pada biodiesel hasil pemurnian penelitian ini telah memenuhi SNI 04-7182-2015

dimana standar nilai densitas berkisar antara 0,850 – 0,890 g/mL. Perlakuan yang memenuhi SNI yaitu variasi konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa 75%:25% (A3) dengan nilai densitas sebesar 0,889 g/mL dan konsentrasi aluminium silikat : pasir kuarsa 100%:0% (A4) dengan nilai densitas sebesar 0,871 g/mL.

4.5.3 Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air dalam biodiesel. Semakin kecil kadar air dalam minyak maka mutu biodiesel akan semakin baik karena memperkecil terjadinya hidrolisis yang dapat menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas. Kandungan air dalam bahan bakar bersifat korosif jika bereaksi dengan sulfur karena akan membentuk asam, selain itu juga dapat menyebabkan turunnya panas pembakaran dan menimbulkan busa (Syamsidar, 2013). Kondisi tersebut tidak menguntungkan dan dapat menurunkan kinerja mesin kendaraan.

Alat yang digunakan untuk mengukur kadar air dalam biodiesel adalah *moisture analyzer*. Alat ini bekerja sesuai dengan metode gravimetri yaitu mengeluarkan air dari bahan dengan proses pengeringan dalam oven hingga berat sampel konstan. Menurut Wihenti (2016), pada prinsipnya *moisture analyzer* bekerja pada keseimbangan dengan pembacaan 0,1 mg menggunakan halogen lampu pemanas otomatis dimana pengeringan akan berhenti ketika berat sampel berubah kurang dari 1 mg per menit. Hasil yang tertera pada *display* dicatat dan diolah datanya. Rumus kadar air yang digunakan adalah rumus pengukuran kadar air basis basah sebagai berikut (Lestari, 2017) :

$$\% \text{ kadar air basis basah} = \frac{W_2 - W_3}{W_1} \times 100\%$$

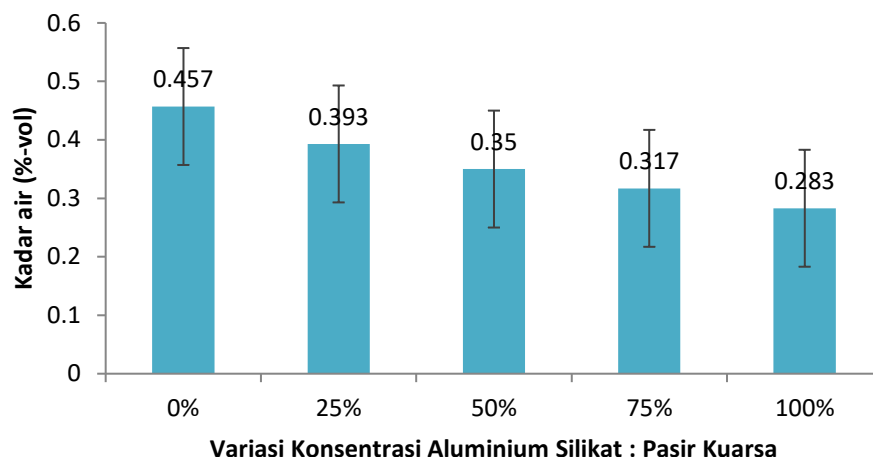
dimana : W_1 = berat sampel (g)

W_2 = berat cawan + sampel minyak sebelum dipanaskan (g)

W_3 = berat cawan + sampel minyak setelah dipanaskan (g)

Pada **Gambar 4.9** dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kadar air seiring dengan bertambahnya konsentrasi adsorben aluminium silikat. Kadar air tertinggi terdapat pada biodiesel tanpa proses pemurnian (C1) yaitu sebesar 0,457%-vol. Biodiesel kasar masih mengandung kadar air yang tinggi karena reaksi esterifikasi dalam pembuatan biodiesel menghasilkan air. Tahap pemurnian dimulai dengan variasi konsentrasi aluminium silikat : pasir kuarsa 25%:75% (A1) dan menghasilkan kadar air sebesar 0,393%-vol. Kemudian pada variasi konsentrasi aluminium silikat : pasir kuarsa 50%:50% (A2) menghasilkan kadar air sebesar 0,35%-vol, konsentrasi aluminium silikat : pasir kuarsa 75%:25% (A3) kadar airnya sebesar 0,317%-vol, dan kadar air terendah terdapat pada biodiesel hasil

pemurnian menggunakan adsorben aluminium silikat 100% (A4) yaitu sebesar 0,283%-vol.



Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Variasi Adsorben Terhadap Kadar Air Biodiesel

Penurunan kadar air sebanding dengan massa adsorben sesuai dengan literatur Setyawati *et. al.* (2019) dimana semakin besar massa adsorben maka semakin baik kualitas biodiesel yang dihasilkan. Meningkatnya jumlah adsorben sebanding dengan meningkatnya luas permukaan yang ada sehingga semakin banyak adsorbat yang diserap. Namun kadar air pada penelitian ini masih belum memenuhi SNI biodiesel dimana kadar air biodiesel maksimal sebesar 0,05%-vol. Hal ini kemungkinan berhubungan dengan karakteristik biodiesel yang bersifat mudah menyerap air di udara (higroskopis) yang terjadi saat proses pemurnian berlangsung. Menurut Setiawan (2017) biodiesel memiliki karakteristik lebih higroskopis dibandingkan dengan solar. Kandungan asam lemak tak jenuh yang relatif tinggi pada biodiesel menyebabkan mudah teroksidasi sehingga mudah menyerap kelembaban dan air disekitarnya. Namun hal ini dapat diatasi dengan melakukan modifikasi atau penambahan aditif pada biodiesel untuk mencegah terjadinya oksidasi maupun korosi.

Tabel 4.4 Hasil analisa statistika ANOVA uji kadar air

| Source | Type II Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-----------|------------------------|----|-------------|-------|-------|
| Perlakuan | 0,055 | 4 | 0,014 | 0,766 | 0,576 |
| Kelompok | 0,016 | 2 | 0,008 | 0,433 | 0,663 |
| Error | 0,143 | 8 | 0,018 | | |
| Total | 2,158 | 15 | | | |

Berdasarkan analisa statistika ANOVA pada **Tabel 4.4** menunjukkan bahwa pengaruh variasi konsentrasi aluminium silikat : pasir kuarsa pada penelitian ini tidak

signifikan dengan nilai *significant* sebesar 0,576. Hal ini terjadi ketika nilai pada tabel F lebih kecil daripada nilai pada F tabel 5%. Nilai *significant* atau *p-value* >0,05 menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai kadar air, namun nilai penurunan kadar air tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap variasi yang telah dilakukan.

4.6 Pemilihan Perlakuan Terbaik

Biodiesel hasil pemurnian yang telah diketahui karakteristiknya kemudian dibandingkan untuk memilih perlakuan terbaik. Pada penelitian ini parameter yang digunakan yaitu viskositas, densitas, dan kadar air. Nilai biodiesel pada masing – masing parameter dibandingkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 04-7182-2015 sebagai dasar dalam menentukan perlakuan terbaik dari variasi perlakuan yang telah dilakukan. Standar Nasional Indonesia (SNI) menjadi hal penting yang harus diperhatikan pada biodiesel yang diproduksi karena SNI merupakan standar resmi yang dibuat agar produk biodiesel sesuai dengan tipe mesin kendaraan yang beredar di Indonesia. Biodiesel yang memenuhi SNI dapat dijadikan pertimbangan menjadi bahan bakar alternatif pengganti atau bahan tambahan untuk solar (Yozanna, 2016).

Tabel 4.5 Perbandingan SNI dengan biodiesel hasil penelitian

| Parameter Uji | Sebelum Pemurnian | Setelah Pemurnian | | | | SNI |
|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|
| | | AS:PK 25%:75% | AS:PK 50%:50% | AS:PK 75%:25% | AS:PK 100%:0% | |
| Viskositas (cSt) | 7,415 | 7,133 | 6,906 | 6,869 | 5,829 | 2,3 – 6,0 |
| Densitas (g/mL) | 0,902 | 0,893 | 0,892 | 0,889 | 0,871 | 0,85 – 0,89 |
| Kadar air (%-vol) | 0,457 | 0,393 | 0,350 | 0,317 | 0,283 | <0,05 |

Keterangan : AS (aluminium silikat), PK (pasir kuarsa)

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa dan biodiesel tanpa pemurnian sebagai kontrol pembanding. Variasi konsentrasi adsorben yang digunakan yaitu 25%:75%, 50%:50%, 75%:25%, dan 100%:0%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa terbaik untuk pemurnian *crude* biodiesel minyak nyamplung. Pada **Tabel 4.5**, dapat dilihat karakteristik dari biodiesel minyak nyamplung yang dihasilkan setiap perlakuan pada penelitian dan perbandingan dengan SNI biodiesel.

Berdasarkan SNI dengan biodiesel hasil penelitian pada **Tabel 4.5** menunjukkan bahwa perlakuan terbaik adalah variasi konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa 100%:0%. Hal ini dikarenakan variasi tersebut memenuhi dua dari tiga parameter SNI biodiesel yaitu nilai viskositas dan densitas. Pada variasi konsentrasi adsorben

aluminium silikat : pasir kuarsa 75%:25% memenuhi satu parameter SNI yaitu densitas. Sedangkan pada variasi konsentrasi adsorben aluminium silikat : pasir kuarsa 25%:75% dan 50%:50% masih belum memenuhi ketiga parameter SNI yang diteliti. Namun hal itu dapat diatasi dengan meningkatkan konsentrasi adsorben sehingga didapatkan hasil biodiesel yang memenuhi SNI. Selain itu juga pada rancangan alat dapat ditambahkan pompa yang dapat mengalirkan biodiesel secara kontinu dan mempercepat proses pemurnian.



BAB V**KESIMPULAN DAN SARAN****5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Variasi konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa dapat menurunkan nilai viskositas, densitas, dan kadar air biodiesel lebih baik dibandingkan dengan biodiesel tanpa proses pemurnian. Meskipun pengaruhnya tidak signifikan, tetapi biodiesel yang dihasilkan memenuhi SNI 04-7182-2015 pada nilai viskositas dan densitas.
2. Konsentrasi terbaik dihasilkan oleh konsentrasi adsorben aluminium silikat tertinggi yaitu aluminium silikat : pasir kuarsa 100%:0% dengan viskositas sebesar 5,829 cSt, densitas sebesar 0,871 g/mL, dan kadar air sebesar 0,283%-vol.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh maka dapat disarankan hal – hal sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan konsentrasi adsorben yang lebih tinggi agar biodiesel yang dihasilkan dapat memenuhi SNI kadar air biodiesel.
2. Perlu dilakukan modifikasi alat dengan menambahkan pompa agar dapat dialirkan secara kontinyu dan mempercepat proses pemurnian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisty, T. K. 2017. **Pemurnian dan Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Metode Pencucian Dry-Wash Sistem Menggunakan Adsorben Magnesol (*Magnesium Silicate*)**. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Purwokerto
- Aini, H. Q. dan Heryantoro, R. P. 2017. **Purifikasi Biodiesel dari Minyak Dedak Padi Menggunakan Deep Eutectic Solvent : Pengaruh Rasio Molar Kolin Klorida dan Etilen Glikol Terhadap Kemurnian dan Yield Biodiesel**. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Anggo, A. D, Swastawati, F., Ma'ruf, W. F., dan Rianingsih, L. 2014. **Mutu Organoleptik dan Kimiawi Terasi Udang Rebon dengan Kadar Garam Berbeda dan Lama Fermentasi**. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia 17(1): 53 – 59
- Anggraini, D., Istianingsih, D., dan Gunawan, S. 2014. **Pengaruh Prosentase Solvent Non Polar dalam Campuran Pelarut terhadap Pemisahan Senyawa Non Polar dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*)**. Jurnal Teknik Pomits. 3(1): 23-26.
- Aqhilla, N., Saputra, E., dan Fadli, A. 2017. **Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung Dengan Menggunakan Katalis Basa $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$** . JOM FTEKNIK. 4(2): 1-5.
- Atadashi, I. M., Aroua, M. K., Aziz, A. R. A., dan Sulaiman, N. M. N. 2011. **Refining Technologies For The Purification Of Crude Biodiesel**. Journal of Applied Energy 88: 4239-4251.
- Balitbang Kehutanan. 2008. **Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) Sumber Energi Biofuel yang Potensial**. Pusat Litbang Hutan Tanaman. Badan Litbang Kehutanan. Departemen Kehutanan. Bogor. Hal. 33-38.
- Balitbang Pertanian. 2013. **Tanaman Perkebunan Penghasil Bahan Bakar Nabati**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. **SNI 7182:2015 "Biodiesel"**. Badan Standar Nasional.
- Fadhil, A. B., Dheyab, M. M., dan Abdul-Qader, A. Y. 2012. **Purification of Biodiesel Using Activated Carbons Produced From Spent Tea Waste**. Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Science 11: 45-49.
- Hambali, E. dan Suryani, A. 2012. **Proses-proses Konversi Kimiawi, Biologi, Fisik yang Terjadi pada Minyak dan Lemak**. <https://slideplayer.info/amp/11841708/>. Tanggal akses 10 Agustus 2021.

- Hardyanti, I. S., Nurkhalisa, S., dan Maghfiroh, H. 2017. **Comparison of Bentonite and Zeolite as Adsorbent Purification Process of Patchouli Oil (*Pogostemon cablin*)**. Journal of Scientific and Innovative Research 6(2): 87-90
- Hasibuan, R. dan Marbun, I. D. S. 2018. **Efektifitas Jenis Desikan dan Kecepatan Udara Terhadap Penyerapan Uap Air di Udara**. Jurnal Teknik Kimia USU 7(1): 41-47
- Hasibuan, S., Sahirman, dan Yudawati, N. M. A. 2013. **Karakteristik Fisikokimia dan Antibakteri Hasil Purifikasi Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.)**. Jurnal Agritech 33(3).
- Herdiani, I. A. 2009. **Aplikasi Adsorben Dalam Proses Pemurnian Biodiesel Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) Menggunakan Metode Kolom**. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hikmah, M. N. dan Zuliyana. 2010. **Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi**. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Irawati, A. 2018. **Pembuatan dan Pengujian Viskositas dan Densitas Biodiesel dari Beberapa Jenis Minyak Jelantah**. Jurnal Fisika dan Terapannya 1(5): 82 - 89
- Istiningrum, R. B., Priyadi, E. A., Sulfiah, L. A., dan Nafisah, D. 2017. **Pemanfaatan Abu Sekam Padi untuk Pemurnian Bahan Baku dan Produk Biodiesel dari Minyak Jelantah**. Jurnal Sains dan Teknologi 6(1).
- Januarty, M. dan Yuniarti, Y. 2015. **Pemurnian Pasir Silika Dengan Metode Sonikasi**. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Jatyaraga, B. A., Atmaja, L. K., Anggorowati, D. A., dan Setyawati, H. 2015. **Pengaruh Massa Magnesium Silikat (Magnesol) dan Waktu Operasi Pada Proses Pemurnian Biodiesel**. Jurnal Konversi 4(1): 1-5
- Juan, J C., Kartika, D. A., Wu, T. Y., dan Hin, T. Y. Y. 2011. **Biodiesel Production From Jatropha Oil By Catalytic And Non-Catalytic Approaches: An Overview**. Journal of Bioresource Technology 102: 452-460
- Kartika, D. dan Widyaningsih, S. 2012. **Konsentrasi Katalis dan Suhu Optimum pada Reaksi Esterifikasi Menggunakan Katalis Zeolit Alam Aktif (ZAH) dalam Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah**. Jurnal Natur Indonesia 14(3): 2019-226
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM). 2015. **Renstra Kementerian ESDM Tahun 2015-2019**. KESDM. Jakarta.
- Khaidir., Nasruddin., dan Syahputra, D. 2015. **Pengolahan Ampas Kelapa dalam Menjadi Biodiesel pada Beberapa Variasi Konsentrasi Katalis Kalium Hidroksida (KOH)**. Jurnal SAMUDERA 9(2).

- Krisandi, F. dan Anis, S. 2020. **Karakteristik Aliran Taylor-Couette pada Fluida Campuran Minyak Jelantah dengan Air**. Sainteknol: Jurnal Sains dan Teknologi 18(2): 79-87
- Kusuma, M. H. T. A. K. 2014. **Rancang Bangun Mesin Pengubah Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel (Perawatan Dan Perbaikan)**. Other thesis. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang
- Kwangdinata, R., Raya, I., dan Zakir, M. 2013. **Produksi Biodiesel dari Lipid Fitoplankton *Nannochloropsis* sp. Melalui Metode Ultrasonik**. Jurnal Marina Chimica Acta 14(2): 28-36.
- Lestari, N. F. 2017. **Analisis Fisik Biodiesel Berbahan Baku Minyak Hasil Pengolahan Limbah Industri Pengalengan Ikan**. Skripsi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang
- Mahmudha, S. dan Nugraha, I. 2016. **Pengaruh Penggunaan Bentonit Teraktivasi Asam Sebagai Katalis Terhadap Peningkatan Kandungan Senyawa Isopulegol Pada Minyak Sereh Wangi Kabupaten Gayo Lues – Aceh**. Jurnal *Chimica et Natura Acta* 4(3): 123-129
- Nurdyaningrum, F. D. dan Nasrudin, H. 2013. **Pemurnian dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) dengan Menggunakan Adsorben Bentonit**. Journal of Chemistry UNESA 2(1).
- Nurhayati, H. 2010. **Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu**. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Nurhidayanti, N. 2017. **Efek Penggunaan Iradiasi Microwave dalam Pembuatan Biodiesel Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* linn)**. Jurnal Pelita Teknologi 12(1): 13-20
- Priatna, K. 1982. **Prospek Pemakaian Diatomae, Bentonit dan Arang Aktif Sebagai Penjernih Minyak Sawit**. Laporan Teknik Pengembangan No.74. Dirjen Pertambangan Umum Departemen Pertambangan dan Energi. Jakarta.
- Prihanto, A. dan Rahayu, L. H. 2015. **Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung Melalui Esterifikasi, Netralisasi Dan Transesterifikasi**. Jurnal Momentum 11(1): 1-6.
- Priyanto, A. 2019. **Tanaman Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) di Pulau Jawa Jenis Tanaman Potensial Untuk Bioenergi Alternatif**. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Yogyakarta.
- Purba, D. A. 2013. **Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) Dengan Proses Transesterifikasi Katalis KOH Menggunakan Microwave**. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.

- Purnama, S., Purwanto, P., Winataputra, D. S., dan Alfian. 2009. **Pembuatan dan Karakterisasi Bahan Konduktor Ionik (LiBr)_{0.5}(AlOSi)_{0.5}**. Prosiding Seminar Nasional. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN). Tangerang.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. 2008. **Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) Telah Melaksanakan Penelitian Pembuatan Biodiesel Dari Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum* L.)**. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Putra, R. P., Wibawa, G. A., Pantjawarni P., dan Mahfud. 2012. **Pembuatan Biodiesel Secara Batch dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro**. Jurnal Teknik ITS 1(1): 34-37
- Saleh, A., Yulistia, E., dan Rambe, F. R. 2017. **Purifikasi Biogas Berdasarkan Perbedaan Mesh Kain Nilon Dan Laju Alir Biogas**. Jurnal Teknik Kimia 23(2): 137-145.
- Setiawan, A., Novitrie, N. A., dan Ashari, L. 2017. **Analisis Korosi Logam Tembaga dan Aluminium pada Biodiesel yang Disintesis dari Minyak Goreng Bekas**. MASTER PPNS 149-154
- Setyawati, H., Anggorowati, D. A., dan Sinaga, E. J. 2019. **Penerapan Penggunaan Magnesol Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Biodiesel Pada Perusahaan Penghasil Biodiesel**. Jurnal Teknik Industri 9-14.
- Susanti. 2015. **Sintesis Silika Gel Teraktivasi Dari Pasir Kuarsa Untuk Menurunkan Kadar Ion Cu²⁺ Dalam Air**. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang
- Syamsidar, H.S. 2013. **Pembuatan dan Uji Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah**. Jurnal Teknosains 7(2): 209-218
- Trisnawati., Walanda, D. K., dan Said, I. 2016. **Pemanfaatan Ampas Tahu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel**. Jurnal Akademia Kim 5(3): 140-145.
- Udyani, K., Sari, D., dan Matrika. 2018. **Uji Kemampuan Adsorpsi Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat pada Penurunan Bilangan Asam Biodiesel**. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". Yogyakarta
- Vera, C., Busto, M., Yori, J., Torres, G., Manuale, D., Canavese, S., dan Sepúlveda, J. 2011. **Adsorption in Biodiesel Refining-A Review**. Biodiesel: Feedstocks and Processing Technologies 427-458.
- Walidah, T., Chairul, dan Amri, A. 2015. **Pemurnian Bioetanol Hasil Fermentasi Nira Nipah dengan Proses Distilasi-Adsorpsi Menggunakan Bentonit Teraktivasi**. JOM FTEKNIK 2(1): 1-6
- Widayatno, T., Yuliawati, T., dan Susilo, A. A. 2017. **Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif**. Jurnal Teknologi Bahan Alam 1(1): 17-23

- Widyaswari, D. A. 2010. **Studi Pengaruh Ukuran Pori-Pori Filter Terhadap Kualitas Biodiesel Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn.) yang Dimurnikan Menggunakan Adsorben**. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Wihenti, A. I. 2016. **Kadar Air, Tebal, Berat, dan Tekstur Biskuit Cokelat Akibat Perbedaan Transfer Panas**. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang
- Yozanna, O. 2016. **Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Jelantah**. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung



LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Jumlah Katalis dalam Pembuatan Biodiesel

1. Proses degumming

Volume minyak nyamplung = 400 mL

Massa minyak nyamplung = 359,2 g

➤ Menghitung volume asam fosfat yang digunakan

(Asam fosfat 98% sebanyak 0,3% (v/v) terhadap volume minyak nyamplung)

Asam fosfat 98% = 0,3% x volume minyak nyamplung

= 0,3% x 400 mL

= 1,2 mL

2. Proses esterifikasi

Volume minyak hasil degumming = 385 mL

Massa minyak hasil degumming = 346,8 g

➤ Menghitung volume asam sulfat yang digunakan

(Asam sulfat 98% sebanyak 2% (v/v) terhadap volume minyak hasil degumming)

Asam sulfat 98% = 2% x volume minyak hasil degumming

= 2% x 385 mL

= 7,7 mL

➤ Menghitung volume metanol yang digunakan

Massa minyak hasil degumming = 346,8 g

Mr minyak = 704,2 g/mol

Mol minyak = $\frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{346,8 \text{ g}}{704,2 \text{ g/mol}} = 0,492 \text{ mol}$

(Mol minyak : mol metanol = 1:8)

Mol metanol = mol minyak x 8

= 3,936 mol

Mr metanol = 32,04 g/mol

Massa metanol = 3,936 mol x 32,04 g/mol

= 126,1 g

Massa jenis metanol = 0,792 g/mL

Volume metanol = $\frac{\text{massa}}{\text{massa jenis}} = \frac{126,1 \text{ g}}{0,792 \text{ g/mL}} = 159,2 \text{ mL}$

3. Proses netralisasi

Volume minyak hasil esterifikasi = 260 mL

Massa minyak hasil esterifikasi = 228,9 g

➤ Menghitung massa NaOH 1 N (2% v/v)

Volume pelarut aquades yang digunakan :

$$2\% \times \text{volume minyak} = 2\% \times 260 = 5,2 \text{ mL}$$

$$10\% \times \text{volume minyak} = 10\% \times 260 = 26 \text{ mL}$$

$$N = 1 \text{ N}; V = 5,2 \text{ mL}; Mr \text{ NaOH} = 40 \text{ g/mol}$$

$$N = m \times \frac{val}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

$$1 = m \times \frac{1}{40} \times \frac{1000}{5,2}$$

$$m = 0,2 \text{ g}$$

4. Proses transesterifikasi

$$\text{Volume minyak hasil netralisasi} = 170 \text{ mL}$$

$$\text{Massa minyak hasil netralisasi} = 150,5 \text{ g}$$

➤ Menghitung massa NaOH yang digunakan

(NaOH sebanyak 1% (b/b) terhadap massa minyak hasil netralisasi)

$$\text{Massa KOH} = 1\% \times \text{massa minyak hasil netralisasi}$$

$$= 1\% \times 150,5 \text{ g}$$

$$= 1,5 \text{ g}$$

➤ Menghitung volume metanol yang digunakan

$$\text{Massa minyak hasil netralisasi} = 150,5 \text{ g}$$

$$Mr \text{ minyak} = 704,2 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mol minyak} = \frac{\text{massa}}{Mr} = \frac{150,5 \text{ g}}{704,2 \text{ g/mol}} = 0,214 \text{ mol}$$

(Mol minyak : mol metanol = 1:6)

$$\text{Mol metanol} = \text{mol minyak} \times 6$$

$$= 1,282 \text{ mol}$$

$$Mr \text{ metanol} = 32,04 \text{ g/mol}$$

$$\text{Massa metanol} = 1,282 \text{ mol} \times 32,04 \text{ g/mol}$$

$$= 41,09 \text{ g}$$

$$\text{Massa jenis etanol} = 0,792 \text{ g/mL}$$

$$\text{Volume etanol} = \frac{\text{massa}}{\text{massa jenis}} = \frac{41,09 \text{ g}}{0,792 \text{ g/mL}} = 51,9 \text{ mL}$$

Lampiran 2 Perhitungan Konsentrasi Aluminium Silikat dalam Pasir Kuarsa

Volume biodiesel kasar = 40 mL

Massa pasir kuarsa = 2 g (Fadhil *et. al.*, 2012).

1. Konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa sebesar 0%:0% (C1)

$$\begin{aligned}\text{Massa Aluminium silikat} &= \frac{0}{100} \times 2 \text{ g} \\ &= 0 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa pasir kuarsa} &= \frac{0}{100} \times 2 \text{ g} \\ &= 0 \text{ g}\end{aligned}$$

2. Konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa sebesar 25%:75% (A1)

$$\begin{aligned}\text{Massa Aluminium silikat} &= \frac{25}{100} \times 2 \text{ g} \\ &= 0,5 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa pasir kuarsa} &= \frac{75}{100} \times 2 \text{ g} \\ &= 1,5 \text{ g}\end{aligned}$$

3. Konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa sebesar 50%:50% (A2)

$$\begin{aligned}\text{Massa Aluminium silikat} &= \frac{50}{100} \times 2 \text{ g} \\ &= 1 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa pasir kuarsa} &= \frac{50}{100} \times 2 \text{ g} \\ &= 1 \text{ g}\end{aligned}$$

4. Konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa sebesar 75%:25% (A3)

$$\begin{aligned}\text{Massa Aluminium silikat} &= \frac{75}{100} \times 2 \text{ g} \\ &= 1,5 \text{ g}\end{aligned}$$


$$\begin{aligned}\text{Massa pasir kuarsa} &= \frac{25}{100} \times 2 \text{ g} \\ &= 0,5 \text{ g}\end{aligned}$$

5. Konsentrasi aluminium silikat dalam pasir kuarsa 100%:0% (A4)

$$\begin{aligned}\text{Massa Aluminium silikat} &= \frac{100}{100} \times 2 \text{ g} \\ &= 2 \text{ g}\end{aligned}$$


$$\begin{aligned}\text{Massa pasir kuarsa} &= \frac{0}{100} \times 2 \text{ g} \\ &= 0 \text{ g}\end{aligned}$$

Lampiran 3 Data Hasil Pengujian Viskositas, Densitas, dan Kadar Air Biodiesel


| | | |
|---|--|---|
|  KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM KIMIA Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telp: 0341- 562180 Laman: www.um.ac.id | | FPO 5.10-1 |
| FORMULIR JUDUL : LAPORAN HASIL PENGUJIAN | | Tgl. Terbit / Revisi : 4 Mei 2021 Halaman : 2-1 File : Nur Millati Hanifa |


Nomor : 040/UN.32.3.7.3/LT/2021
 Nama Pemilik : Nur Millati Hanifa
 NIM : 165100601111002
 Alamat Pemilik : Jl. Kertosentono No. 115B
 Jenis contoh : Cair
 Tanggal terima sampel: 22 April 2021
 Tanggal pengujian : 3 Mei 2021
 Metode Uji : -Piknometer
 -Kapiler Viskometer
 Hasil Pengujian : Densitas dan Viskometer

| No | Kode Sampel | Densitas (g/mL) | Viskositas (Poise) | Keterangan |
|----|-------------|-----------------|--------------------|------------|
| 1 | A31 | 0,8852 | 0,062668841 | |
| 2 | A33 | 0,90342 | 0,060913094 | |
| 3 | A41 | 0,91554 | 0,041278208 | |
| 4 | A22 | 0,88891 | 0,057936932 | |
| 5 | A11 | 0,86373 | 0,052413296 | |
| 6 | A32 | 0,87929 | 0,064226639 | |
| 7 | A12 | 0,91055 | 0,061393834 | |
| 8 | A21 | 0,89358 | 0,068324521 | |
| 9 | A13 | 0,90333 | 0,081209367 | |
| 10 | A23 | 0,89257 | 0,062555533 | |

| | | |
|---|--|---|
|  KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM KIMIA Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telp: 0341- 562180 Laman: www.um.ac.id | | FPO 5.10-1 |
| FORMULIR JUDUL : LAPORAN HASIL PENGUJIAN | | Tgl. Terbit / Revisi : 4 Mei 2021 Halaman : 2-2 File : Nur Millati Hanifa |

| No | Kode Sampel | Densitas (g/mL) | Viskositas (Poise) | Keterangan |
|----|-------------|-----------------|--------------------|------------|
| 11 | C13 | 0,87985 | 0,067233738 | |
| 12 | C12 | 0,91541 | 0,068922363 | |
| 13 | A42 | 0,89343 | 0,060239518 | |
| 14 | C11 | 0,91133 | 0,066566961 | |
| 15 | A43 | 0,89257 | 0,057850144 | |

4 Mei 2021
 Kepala Laboratorium Kimia,

Dr. H. Yudhi Utomo, M. Si
 NIP 196705011996031002


| | |
|--|--|
|  LABORATORIUM TEKNOLOGI AGROKIMIA JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA Jl. Veteran Malang, Telp. (0341) 580106 Fax (0341) 568917 Website http://www.tp.ub.ac.id Email: ftp_ub@ub.ac.id | |
|--|--|


Kepada :
Nur Millati Hanifa
 NIM. 165100601111002
 Di tempat

SURAT KETERANGAN HASIL UJI
 Nomor : 002/KA/TAK/2021

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa hasil pengujian :
 Sampel : Minyak
 Analisa : Kadar Air
 Tanggal Penerimaan : 21 April 2021
 Tanggal analisa : 21 April 2021

| No. | KODE | Kadar Air (%) |
|-----|------|---------------|
| 1 | A11 | 0,34 |
| 2 | A12 | 0,51 |
| 3 | A13 | 0,33 |
| 4 | A21 | 0,46 |
| 5 | A22 | 0,28 |
| 6 | A23 | 0,31 |
| 7 | A31 | 0,35 |
| 8 | A32 | 0,28 |
| 9 | A33 | 0,32 |
| 10 | A41 | 0,21 |
| 11 | A42 | 0,48 |
| 12 | A43 | 0,16 |
| 13 | C11 | 0,28 |
| 14 | C12 | 0,47 |
| 15 | C13 | 0,62 |

Malang, 21 April 2021
 Pranata Laboratorium Pendidikan

Hendrix Yulis Setiawan, STP, M. Si, Ph.D.
 NIP. 19810712 2012121004

Malang, 21 April 2021
 Pranata Laboratorium Pendidikan

Sigit Setiawan, STP, M.T.
 NIK. 2011038705201001

Lampiran 4 Hasil Pengolahan Data Statistika ANOVA

1. Viskositas

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Viskositas

| Source | Type II Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-----------|------------------------|----|-------------|---------|------|
| Model | 705,968 ^a | 7 | 100,853 | 119,404 | ,000 |
| Perlakuan | 4,330 | 4 | 1,083 | 1,282 | ,353 |
| Kelompok | 1,795 | 2 | ,897 | 1,062 | ,390 |
| Error | 6,757 | 8 | ,845 | | |
| Total | 712,725 | 15 | | | |

a. R Squared = ,991 (Adjusted R Squared = ,982)

2. Densitas

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Densitas

| Source | Type II Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-----------|------------------------|----|-------------|----------|------|
| Model | 11,865 ^a | 7 | 1,695 | 1656,294 | ,000 |
| Perlakuan | ,002 | 4 | ,000 | ,386 | ,813 |
| Kelompok | ,001 | 2 | ,001 | ,621 | ,562 |
| Error | ,008 | 8 | ,001 | | |
| Total | 11,873 | 15 | | | |

a. R Squared = ,999 (Adjusted R Squared = ,999)

3. Kadar Air

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Kadar Air

| Source | Type II Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-----------|------------------------|----|-------------|--------|------|
| Model | 2,014 ^a | 7 | ,288 | 16,061 | ,000 |
| Perlakuan | ,055 | 4 | ,014 | ,766 | ,576 |
| Kelompok | ,016 | 2 | ,008 | ,433 | ,663 |
| Error | ,143 | 8 | ,018 | | |
| Total | 2,158 | 15 | | | |

a. R Squared = ,934 (Adjusted R Squared = ,875)

Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian

1. Pembuatan *Crude Biodiesel* dari Minyak Nyamplung



Proses pemanasan minyak nyamplung hingga suhu 80°C



Proses *degumming*



Proses esterifikasi



Proses netralisasi



Pemisahan *crude biodiesel* (lapisan atas) dan gliserol (lapisan bawah)



Proses penurunan kadar air *crude biodiesel*

2. Aktivasi Adsorben



Proses aktivasi aluminium silikat menggunakan muffle furnace



Adsorben aluminium silikat sebelum aktivasi (kiri) dan setelah aktivasi (kanan)

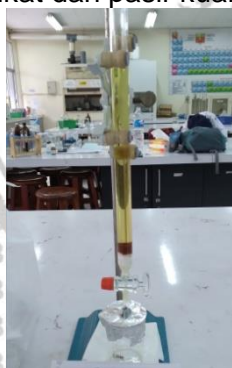
3. Pemurnian Crude Biodiesel Menggunakan Adsorben



Proses penimbangan adsorben aluminium silikat dan pasir kuarsa



Proses homogenisasi adsorben



Proses pemurnian crude biodiesel menggunakan adsorben dengan metode kolom



Hasil pemurnian biodiesel yang akan diuji viskositas, densitas, dan kadar air